

Oltre la vetroresina

Catalogazione sistematica dei materiali presenti a bordo di unità da diporto in composito per la progettazione di un ciclo di separazione industrializzato itinerante.

Volume 1 | **Prevenire**

Università degli Studi di Genova
Scuola Politecnica
Promostudi Campus Universitario La Spezia
Dottorato di Ricerca in Architettura e Design
Ciclo: XXXIII

Candidato: Dott. Matteo Covini
Tutor: Prof. Mario Ivan Zignego



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



*“There must be a better way to make the things we want, a way that doesn’t spoil
the sky, or the rain, or the land”*

[Paul McCartney]

PREMESSA

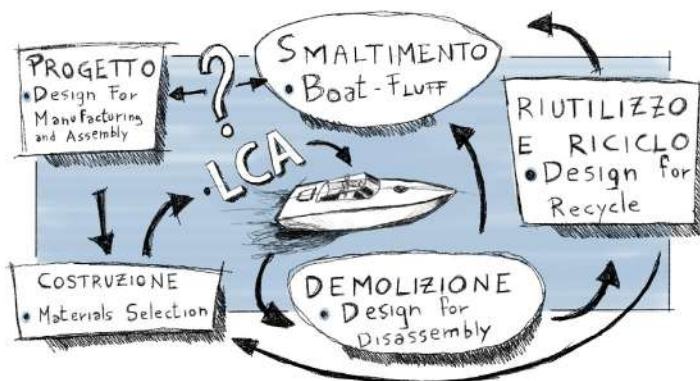
“C'è sempre un modo migliore per fare le cose.”

Questa ricerca ripercorre le tecniche e le tecnologie attualmente disponibili per affrontare consapevolmente le fasi di dismissione delle imbarcazioni, considerando l'aspetto ambientale, ecologico ed economico.

Verranno ripercorse le fasi più critiche della separazione dei materiali presenti a bordo, ricercandone a monte le cause così da poter intervenire in futuro con potenziali soluzioni ed accorgimenti da considerare nelle fasi progettuali e costruttive dell'oggetto barca, sottolineando l'importanza di una maggior consapevolezza già dalle fasi embrionali della progettazione.

Il ciclo di vita di un'imbarcazione da diporto non comincia dalla sua messa in acqua o dall'estrazione dallo stampo della prima porzione, bensì dalla prima linea tracciata su un foglio bianco da un progettista che ha una matita nella mano e un'idea da esprimere.

Il filo logico del seguente ragionamento non è né lineare e neppure unidirezionale, (costruzione - demolizione), al contrario si sviluppa in più direzioni e diramazioni, con versi a volte contrapposti.



Proprio per questo motivo per una migliore comprensione dell'elaborato finale si è rivelato utile suddividere il testo in due volumi:

- Il Volume 1 (PREVENIRE) definisce la criticità della troppa eterogeneità dei materiali presenti a bordo, determinando il campo della ricerca grazie alla compilazione analitica di una tabella in cui verranno prese in considerazione le possibili scelte dei progettisti in merito ai materiali da utilizzare e/o i metodi di giunzione tra le macro/micro componenti. L'obiettivo è quello di prendere coscienza della quantità di tasselli che costituiscono l'oggetto barca e sensibilizzare i progettisti che potranno così effettuare scelte responsabili guidate dalla consapevolezza che un domani l'unità diventerà un rifiuto.
- Il Volume 2 (CURARE) propone invece una filosofia di separazione e di smaltimento alternativa, ponderata sulle informazioni apprese nel Volume 1. L'approccio sperimentale a possibili tecniche di separazione post triturazione

ha permesso di stilare una proposta di industrializzazione del processo di demolizione delle unità da diporto che sia valido non solo per le imbarcazioni che verranno costruite con (speriamo) una sensibilità maggiore in merito alle tematiche trattate, ma in grado di smaltire ugualmente il parco nautico attualmente in disuso con un'efficienza superiore alla sola manodopera attualmente impiegata.



Economicamente CURARE è sostenibile;
Ecologicamente PREVENIRE è meglio che CURARE.

Mediare prevenzione e cura resterà sempre a discapito del progettista, del costruttore o del demolitore, ma la speranza è che alla luce dei contenuti di seguito esposti chiunque possa fare la differenza, cercando "un modo migliore per fare le cose".

1. Introduzione

1.1	Introduzione da parte del Professor Mario Ivan Zignego.....	13
1.2	Unità da diporto.....	14
1.3	Le barche di “plastica”.....	17
1.4	Il campo di ricerca.....	18

2. Obiettivi, metodologia e risultati della ricerca

2.1	Volume 1 e volume 2.....	23
2.2	Obiettivi.....	25
2.3	Metodologia.....	27
2.3.1	Ricerca.....	28
2.3.2	Osservazione e catalogazione.....	29
2.3.3	Analisi critica.....	30
2.3.4	Proposte risolutive.....	31
2.3.5	Confronto e Revisione.....	31
2.4	Risultati attesi.....	32

3. STATO DELL'ARTE – COSTRUZIONE: Tecniche di costruzione e catalogazione dei materiali presenti a bordo

3.1	I numeri della nautica da diporto.....	33
3.2	La vetroresina.....	38
3.2.1	I materiali compositi.....	38
3.2.2	Tipologia di matrice.....	40
3.2.3	Le fibre di rinforzo.....	41
3.2.4	I tessuti.....	44
3.2.5	Reazione agli sforzi.....	46
3.3	Costruire con la vetroresina.....	48
3.3.1	Tecniche di stampaggio.....	48
3.3.2	Laminati in sandwich.....	52
3.3.3	Stratificazione in un'imbarcazione di 24 m.....	54

3.4	Non solo vetroresina.....	57
3.4.1	Eterogeneità dei materiali.....	57
3.4.2	Compensati Marini.....	58
3.4.3	Predisposizione Impianti.....	60
3.4.4	Isolamento Termico ed Isolamento Acustico.....	70
3.4.5	Intelaiatura strutturale e posizionamento del grezzo.....	73
3.4.6	Giunzione scafo-coperta-sovrastutture.....	77
3.4.7	Imbonaggio.....	88
3.5	Allestimento e rivestimento degli esterni.....	92
3.5.1	Parabrezza, finestrature ed oblò.....	92
3.5.2	Rivestimenti Lignei.....	102
3.5.3	Rivestimenti sintetici del ponte ed antiskid.....	108
3.5.4	Materiali metallici, materiali ferrosi e leghe.....	111
3.5.5	Cuscineria.....	117
3.5.6	Elementi aggiuntivi removibili.....	121
3.5.7	Extra.....	128
3.5.8	Vela.....	135
3.5.9	Battelli pneumatici.....	149
3.6	Allestimento e rivestimento degli Interni.....	153
3.6.1	Legni, pannelli di legno e pannelli alleggeriti.....	154
3.6.2	Metalli e leghe metalliche, ferramenta ed allacci agli impianti.....	162
3.6.3	Imbottiture.....	169
3.6.4	Pelli, ecopelli e pelli sintetiche.....	174
3.6.5	Tessuti in fibra naturale e sintetica.....	179
3.6.6	Pavimentazioni tessili: moquette.....	184
3.6.7	Pietre, Eco-pietre ricostruite, finte pietre e alleggerimenti.....	187
3.6.8	Altro (corian, gres e resine, rimex, vetri, plexiglas e altre trasparenze, carte da parati, legni vinilici, specchi).....	191
3.6.9	Illuminotecnica.....	196
3.6.10	Extra (Elettrodomestici, domotica e comfort).....	202

4. STATO DELL'ARTE – DISMISSIONE: Tecniche di demolizione e smaltimento delle unità da diporto

4.1	Definizione del problema e Normative.....	213
4.2	Fasi di demolizione di una barca in vetroresina.....	219
4.2.1	Burocrazia.....	219
4.2.2	Trasporto o Demolizione in loco?.....	221
4.2.3	Preparazione e bonifica – RIFIUTI SPECIALI E RIFIUTI SPECIALI PERICOLOSI.....	224
4.2.4	Materie Prime Seconde – RAEE.....	225

4.2.5	Materie Prime Seconde – VETRI.....	227
4.2.6	Materie Prime Seconde – METALLI.....	228
4.2.7	Seconda separazione: processo controllato o separazione rapida?.....	231
4.2.8	Demolizione delle Macro-Componenti di risulta.....	234
4.3	Riciclare la Vettoresina.....	235
4.3.1	Regrinding.....	237
4.3.2	Pirolisi: Demolizione termica non ossidativa.....	239
4.3.3	Tecniche per compositi con fibre ad alto valore commerciale.....	240
4.4	Casi Studio.....	241
4.4.1	Caso studio A: Processo Korec.....	242
4.4.2	Caso studio B: Ryds båtar.....	243
4.4.3	Caso studio C: ELB – End of Life Boat di UCINA + CRN.....	244
4.4.4	Caso studio D: Patricia Urquiola e Gees Recycling.....	244
5. PREVENIRE: la progettazione in funzione dello smaltimento		
5.1	Dialogo tra i progettisti e le aziende demolitrici.....	248
5.2	Confronto con il mondo dell’automotive.....	250
5.2.1	Processo di demolizione nell’automotive.....	251
5.2.2	Casi Studio: tecnologie post frantumazione per la valorizzazione del Car-Fluff.....	256
5.2.3	Responsabilità Estesa del Produttore.....	259
5.3	Possibilità di introdurre nella nautica logiche progettuali funzionali allo smaltimento.....	261
5.3.1	DFMA: Logica progettuale a livelli.....	261
5.3.2	DFR e DFD: progettare lo smaltimento.....	265
5.4	Conclusioni.....	265
5.4.1	L’eco-sostenibilità non è uno Status-Symbol.....	265
5.4.2	Introduzione alla parte sperimentale - CURARE.....	267
6. TABELLA RIASSUNTIVA DEI MATERIALI (ordine alfabetico)		
7. BIBLIOGRAFIA		
7.1	Testi.....	279
7.2	Articoli.....	280
7.3	Sitografia principale.....	281
7.4	Normative e Regolamenti.....	282

“Le unità da diporto sono principalmente in vetroresina.” Niente di più lontano dalla realtà.

Dire “barca in vetroresina” non è altro che una sineddoche utilizzata per definire l’ampia categoria di unità da diporto avente lo scafo e le sovrastrutture in composito. È infatti corretto sostenere che sotto ai 24 metri di lunghezza di costruzione (natanti ed imbarcazioni) il materiale più utilizzato per il guscio contenitore è la fibra di vetro, ma le componenti realizzate in composito non superano il 30-40% del dislocamento complessivo delle unità. Questo significa che più della metà del peso di una barca in vetroresina non è dato dalla vetroresina stessa, piuttosto deriva da un’estrema eterogeneità di materiali di cui i progettisti spesso ignorano l’esistenza poiché contenuti in componenti acquistati da fornitori terzi. Gli stessi rivestimenti inoltre possono essere della natura più disparata, dai materiali naturali a quelli sintetici/artificiali.

La vetroresina al giorno d’oggi resta ancora un materiale difficile da riutilizzare/riciclare e al tempo stesso impegnativo da smaltire, motivo per cui il mondo della nautica è impazientemente in attesa di un degno sostituto più green, il cui LCA¹ sia completamente chiuso e comprovato e che, al momento della demolizione, possa essere trattato e ri-immesso nel mercato come materia prima seconda. Nell’attesa di questa svolta però è utile concentrarsi sul fatto che, a prescindere dal materiale con cui uno scafo viene/verrà stampato e costruito, la barca un domani diventerà un rifiuto che dovrà essere scomposto e separato nei singoli materiali di partenza per un corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento di essi. Le attuali tecniche di separazione si dividono in due grandi categorie:

- Disassemblaggio controllato: metodo molto preciso ma che richiede tempistiche e costi poco sostenibili, specie in relazione alla quantità di unità che costituiscono il parco nautico attualmente in disuso (in crescita);
- Separazione distruttiva: economicamente più sostenibile ma con percentuali di recupero dei materiali davvero irrisorie.

Per questi motivi la ricerca mira ad individuare la maggior parte dei reali materiali presenti a bordo delle unità da diporto, che non si limitano alla semplicistica risposta “vetro, plastica, metalli e legni”; l’obiettivo è quello di quantificare l’entità del problema e delineare una strategia di demolizione alternativa che permetta di affrontare l’attuale parco nautico in disuso e quello che verrà con una consapevolezza oggi inesistente (*Volume 1 – PREVENIRE*) ed uno strumento in grado di velocizzare e standardizzare il processo, riducendo le percentuali di Boat-Fluff, inteso come residuo non separabile (*Volume 2 – CURARE*).

La chiave di volta dell’intera tesi è il dialogo biunivoco tra progettisti/costruttori e demolitori; solo con la sinergia tra i due estremi della vita di un’unità da diporto saremo in grado di affrontare realmente il problema alla radice.

¹LCA

Life Cycle Assessment (Valutazione del Ciclo di Vita): uno degli strumenti fondamentali per l’attuazione di una Politica Integrata dei Prodotti, nonché il principale strumento operativo del “Life Cycle Thinking”: si tratta di un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l’intero ciclo di vita, dall’acquisizione delle materie prime al fine vita.

01. INTRODUZIONE

1.1 Introduzione a cura del Professor Mario Ivan Zignego

A partire dal nuovo millennio stiamo assistendo ad un'esponenziale sensibilizzazione nei confronti delle problematiche ambientali con prese di posizione che partono dal singolo individuo fino ad arrivare a più o meno allargate collettività. Questa presa di coscienza non è però ancora sufficiente a contrastare l'inquinamento prodotto dallo standard di vita che l'essere umano ha raggiunto e per questo, quando la sensibilità umana non è abbastanza, è opportuno sperimentare strategie alternative per ridurre i fattori inquinanti. Il mondo dello yachting moderno, inteso come prodotto industriale e bene di consumo, occupa un ramo su cui è utile soffermarsi, con un focus particolare alla piccola/media nautica da diporto. Sappiamo infatti che la vetroresina, materiale per eccellenza nella costruzione diportistica in serie, è un composito particolarmente inquinante in fase di smaltimento e attualmente ostico da riciclare. Sono molti i centri di ricerca e le start-up ormai specializzate nello studio di tecnologie atte al riciclo di questo rifiuto pericoloso proponendo un ventaglio di scelte ancora limitato ed economicamente non esattamente sostenibile, ma certo è indice di una forte volontà di cambiamento. Questo cambiamento però non può essere frutto di un solo fattore, deve anzi nascere dalla combinazione di più strategie e tecnologie che collaborino tra loro così da rinnovare l'intero ciclo di vita di un'unità da diporto, compresa quindi anche la demolizione a fine vita.

Se la fase di smaltimento dei materiali è oggetto di ricerche internazionali all'avanguardia, non è possibile affermare lo stesso per quel che concerne gli steps subito antecedenti; lo smontaggio delle unità da diporto infatti è ancora una delle variabili che più incide negativamente sulla qualità dello smaltimento, sulle percentuali di riciclo e sui costi di demolizione che un armatore deve affrontare. Si può affermare che il processo costruttivo delle unità da diporto sia ormai rodato e per lo più industrializzato, al contrario della demolizione che avviene ancora artigianalmente con manovre ancora poco soggette a vincoli e normative. È necessario sottolineare come le unità da diporto siano sempre più arricchite da una moltitudine di altri materiali spesso non presi in considerazione che però aggravano le già scarse percentuali finali di riciclo viste le difficoltà di riconoscimento e di separazione. Occorre quindi analizzare le fasi di costruzione per tracciare a ritroso un percorso economicamente ed ecologicamente sostenibile in cui i due estremi (costruzione e demolizione) dialoghino tra loro, così da uniformare le tecnologie di smaltimento a favore delle percentuali di riciclo non solo della vetroresina ma di tutti gli altri materiali ad essa legati.

1.2 Unità da Diporto

Il mondo della nautica, specialmente quello della nautica da diporto, spazia in un raggio di azione esageratamente ampio per poter trattare argomenti quali le tecniche di assemblaggio e costruzione oppure di demolizione e smaltimento che possano ritenersi valide per tutte le casistiche.

Per questo motivo occorre definire un campo di ricerca adeguatamente delimitato, proprio per non cadere nell'errore di generalizzare con informazioni e dati che possano avere fattori di scala estremamente differenti tra loro. Basti pensare che, parlando di nautica da diporto, è corretto immaginarsi un'imbarcazione a remi come anche uno yacht lungo ben oltre i 24 metri.

È necessario prestare attenzione ai termini con cui ci si esprime nel mondo della nautica, poiché citando barche o yacht, appellativi frequentemente utilizzati nel lessico quotidiano, non viene in realtà identificata nessuna particolare categoria di imbarcazioni.

Il termine diporto, vocabolo derivante dalla lingua francese, letteralmente significa "svago", ma in passato veniva spesso utilizzato anche come sinonimo di "sport", ed è da qui che venne coniato nautica da diporto, intendendo qualsiasi imbarcazione a remi, a motore o a vela, utilizzata per svago o per sport e non adoperata a scopi commerciali. Le uniche eccezioni consentite sono le barche a noleggio, le imbarcazioni scuola e quelle di appoggio ai centri di diving per immersioni a scopo ricreativo o sportivo.

Per poter identificare le reali categorie di imbarcazioni ad uso diportistico è necessario fare riferimento alle leggi vigenti, ed in particolare in Italia ci basiamo su:

Legge n.172 del 8 luglio 2003;

"Disposizioni per il riordino e il rilancio della nautica da diporto e del turismo nautico."

Decreto legislativo n.171 del 18 luglio 2005;

"Codice della nautica da diporto ed attuazione della direttiva 2003/44/CE, a norma dell'articolo 6 della legge 8 luglio 2003, n. 172"

Decreto ministeriale n.146 del 29 luglio 2008;

"Regolamento di attuazione dell'articolo 65 del decreto legislativo 18 luglio 2005, n. 171, recante il codice della nautica da diporto."

Per quanto riguarda le normative vigenti nella Comunità Europea invece bisogna affidarsi a:

Direttiva europea 94/27/EC del 16 giugno 1994;

"Recreational craft"

Direttiva europea 2003/44/EC del 16 giugno 1994;

"Approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the

Member States relating to recreational craft, based on 94/27/EC” .

In sintesi le imbarcazioni da diporto si possono catalogare a seconda della loro lunghezza fuori tutto, a prescindere dalle geometrie di scafo, dal materiale di costruzione o dalla loro propulsione, che sia essa a vela, a remi o a motore. Troviamo quindi tre macro-segmenti, in cui rientra qualsiasi imbarcazione da diporto:

Natanti da diporto:

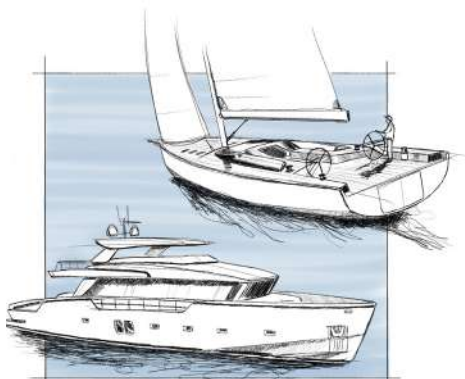
In questa categoria rientrano tutte le barche ad uso diportistico con scafo di lunghezza inferiore a 10,00 metri, ovvero da 0 a 9,99 metri.

Inoltre appartengono a questo segmento le imbarcazioni con propulsione a remi.



Imbarcazioni da diporto:

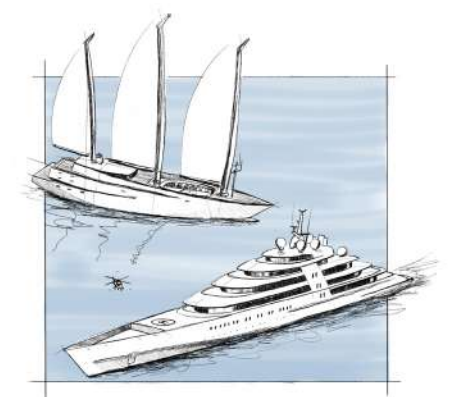
Ogni imbarcazione avente lo scafo dai 10 metri ai 24 metri è considerata invece imbarcazione da diporto, che sia essa a vela o a motore. Le unità appartenenti a questa fascia hanno tutte l'obbligo di immatricolazione.



Navi da diporto:

Un qualsiasi scafo oltre i 24 metri è considerata nave da diporto. Attualmente non esiste un limite massimo a questa categoria al punto che possiamo incontrare nei nostri mari alcuni maxi yacht da oltre 100 metri.

Nel 2021 la nave da diporto più grande del mondo è Azzam, con i suoi 180 metri di lunghezza, disegnato dallo studio Nauta Yachts e costruita dal cantiere tedesco Lürssen, mentre la barca a vela più lunga è il sailing yacht A, di 143 metri, costruito da Nobiskrug su disegni di Philippe Starck.



Le origini del diporto nautico sono antichissime, abbiamo testimonianze archeologiche di imbarcazioni costruite a scopo ludico già dall'età ellenistica; un esempio è Thalamegos, un catamarano di 115 metri costruito per il faraone egizio Tolomeo IV Philopater nella seconda metà del III secolo avanti Cristo.

Famose sono le Navi di Nemi, commissionate da Caligola intorno al 40 d.C. per la celebrazione di riti e cerimonie sul lago di Nemi. A fondo piatto, arrivavano a 75 metri di lunghezza e 29 di larghezza ed erano costruite con legno di pino, di abete e di quercia; la particolarità è che le carene non sono state calafatate in maniera tradizionale (pece e stoppa), bensì sono state rivestite in tessuto di lana successivamente imbevuto con resine naturali e rinforzate da fogli di piombo superficiali, assemblati insieme con chiodi.

Nel XVII secolo il principe Carlo II d'Inghilterra, costretto all'esilio in Olanda dopo l'abolizione della monarchia, iniziò ad appassionarsi alla navigazione da diporto; famoso yacht è il Mary, costruito a Rotterdam, lungo 15,8m per 5,8m di larghezza e con un pescaggio di 3m, donato dall'Olanda a Carlo II stesso quando riconquistò il suo trono.

Iniziano le prime competizioni su yacht a vela, termine inglese che deriva proprio dall'olandese jaght. La traduzione letterale significa "caccia" ed era usata per classificare imbarcazioni veloci usate per l'esplorazione o la ricognizione. Con la fondazione dei primi yacht club e l'organizzazione di regate sia nel nuovo che vecchio continente, ci avviciniamo a epoche più moderne.

Dobbiamo aspettare di arrivare alla metà del secolo scorso per incontrare la nautica da diporto come la intendiamo al giorno d'oggi, una nautica meno elitaria, capace di arrivare a molti con una produzione di serie che velocizza i tempi di realizzazione diminuendo i costi, senza più intendere l'oggetto barca come one-off, scultura artigiana per pochi eletti ed intenditori. Una data importante che segna l'inizio di un'era è il 27 Gennaio 1962, giorno di inaugurazione del primo Salone Nautico di Genova: si spalancano le porte del Made in Italy proiettando la nautica italiana a livello internazionale.



Fig. 04

In realtà già da prima degli anni '50 la nautica italiana iniziava a farsi strada nei cuori degli appassionati con grandi nomi che hanno fatto la storia portando la tradizione e il savoir-faire fino ai giorni nostri, tra i quali ad esempio Baglietto, San Germani, Riva.

La vera rivoluzione è stata però Conchita, la prima imbarcazione in vetroresina presentata a Milano del 1961.

1.3 Le barche di “plastica”

“Ma chi è questo matto napoletano che fa le barche in plastica?” è una delle tante esclamazioni sentite durante l'esposizione legata alla nautica svolta a Milano nel '61, quando ancora non esisteva il Salone Nautico di Genova. Ruggiero di Luggo, fondatore della fabbrica FIART (Fabbrica Italiana Applicazioni Resine Termoindurenti), già da un paio di anni sperimentava l'utilizzo di materiali alternativi al legno e sognava il concetto di una nautica per tutti. La sua visione era quella di creare una 500 del mare, una mezzo accessibile, semplice, poco costoso. Nel 1960 con queste prerogative e la sua abilità imprenditoriale diede vita al suo sogno, creando così Conchita, un barchino di 3,60 metri, primo in Europa ad essere costruito interamente senza l'utilizzo del legno. Nonostante il budget ridotto, l'anno successivo riuscì ad affittare un piccolo spazio all'esposizione di Milano; si presentò con quattro esemplari ma i metri quadri dello stand a sua disposizione erano insufficienti e così con l'aiuto della moglie dovette appendere due barche al soffitto e appoggiarne due in verticale, dando involontariamente un'enorme visibilità al prodotto e dimostrando al mondo la sua leggerezza. Il risultato? Curiosità, critiche e diffidenza, ma anche i primi 60 ordini tutti soddisfatti nell'arco di breve tempo. Da quel giorno molti costruttori nautici e fabbriche di materiali plastici annusarono la genialità dell'intuizione dell'ingegner Di Luggo, stravolgendo cicli produttivi ormai consolidati per avventurarsi in quello che da lì a poco si rivelò il boom della nautica da diporto. Rispetto al legno la vetroresina aveva caratteristiche straordinarie quali una scarsissima manutenzione ed, in primis, la possibilità di riutilizzare gli stampi per ricreare in serie le varie componenti a velocità nettamente superiori e a costi inferiori.

In realtà in America si sperimentavano le plastiche nella nautica già all'inizio del secondo dopoguerra.

Nel 1946 venne varato il primo scafo in plastica, leggero sì, ma poco resistente. Il difetto delle plastiche tradizionali era l'assenza di un materiale di rinforzo, motivo per non si riusciva a creare uno scafo che soddisfacesse realmente le aspettative.

Come intuì l'ingegnere Di Luggo invece, la risposta era nei materiali compositi, ed in particolare nella vetroresina.

Dopo Conchita, la nautica da diporto si trasformò.

1.4 Il campo di ricerca

Nel 2019 il 99,8% delle imbarcazioni immatricolate in Italia appartiene alle categorie dei natanti e delle imbarcazioni da diporto, mentre solo lo 0,2% è occupato dalle navi da diporto superiori alla soglia dei 24 metri (Confindustria Nautica- 2019). Secondo una stima ponderata sui cantieri di costruzione attivi nel periodo 2017-2018, il 95% di essi costruisce imbarcazioni in composito, di cui il 90% utilizza la vetroresina, il 9% il carbonio e l'1% fibre naturali sperimentali come lino, canapa, cobalto. Il restante 5% sul totale invece è occupato dalle imbarcazioni in legno e in acciaio/alluminio.

Per di più, come verrà approfondito maggiormente nel capitolo 3, non si considera una grande componente dei natanti da diporto dato che per legge non hanno l'obbligo di essere immatricolati.

La vetroresina nel mondo della nautica da diporto è quindi diventato il materiale per eccellenza.

In un'imbarcazione tradizionale grazie alla laminazione della vetroresina otteniamo lo scafo, le strutture interne, eventuali controstampate interne, la coperta e le ipotetiche sovrastrutture.

Possiamo definire un'unità da diporto come l'unione di queste macro-componenti tramite diverse tecnologie di giunzione per creare così un guscio strutturale, il contenitore delle tecnologie, dei comfort e delle finiture che impreziosiscono l'oggetto barca.



Fig. 05



Fig. 06



Fig. 07

Volendo fare un parallelismo con il mondo dell'automotive, pensiamo all'evoluzione che hanno avuto le strutture portanti delle auto.

Inizialmente ci si basava su un telaio portante, spesso a traliccio, a cui veniva poi saldata la carrozzeria. Anche detto space-frame, questa struttura era la unica parte portante a cui si ancorava il resto dell'automobile, dal motore ad ogni componente destinato alla trasmissione del moto, dai pannelli di rivestimento interni dell'abitacolo alle lamiere della carrozzeria esterna.

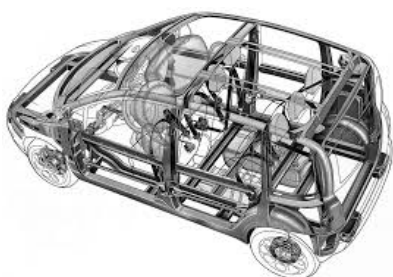


Fig. 08

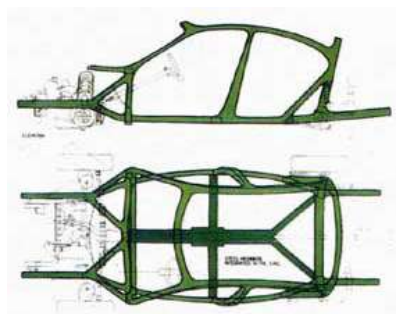


Fig. 09

Pian piano nell'ultimo ventennio ha preso sempre più piede l'utilizzo di una scocca, ovvero una cellula protettiva attorno all'abitacolo che determina già le forme dell'auto stessa, che viene saldata allo chassis, un telaio sottostante che rinforza longitudinalmente il veicolo. Parte della scocca è visibile dall'esterno, pur trattata come la carrozzeria.

Per finire abbiamo le tecnologie che implicano la costruzione attorno ad una monoscocca. In questo caso il telaio inteso come space-frame non è presente ma, nel mezzo, è interposta una monoscocca autoportante che sorregge tutto il resto. Gli unici elementi aggiuntivi sono solo di chiusura estetica, di avviamento aerodinamico e di protezione in caso di incidente.



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 13



Fig. 12

In tutti e 3 i casi le finiture estetiche e la carrozzeria vengono aggiunte alla fine come strati superficiali esterni/interni e sono considerati componenti di finitura non strutturali.

Il guscio di un'imbarcazione è considerabile invece come una monoscocca autoportante creata dalla fusione di più materiali (vetroresina, gelcoat, poliuretano, polivinilcloruro, compensato marino, ecc.) in cui è già compresa la "carrozzeria esterna" e, se controstampata, anche la finitura interna; è un macro-blocco che necessita solo dell'installazione di un apparato propulsivo per essere già potenzialmente operativo.

Ovviamente, a meno che non si tratti di unità da competizione, una barca da diporto all'interno del mercato viene scelta soprattutto per le tecnologie presenti a bordo, per la qualità e quantità di accorgimenti tecnici ed estetici, per il comfort e per le finiture in proporzione al prezzo. Tutto questo necessita di un numero considerevole di componenti aggiuntive rispetto ad un'automobile, il che fa sì che si moltiplichino esponenzialmente i materiali presenti a bordo. Inoltre, onde evitare fastidiose vibrazioni e per distribuire al meglio gli sforzi, come vedremo successivamente, la maggior parte di questi materiali non viene imbullonato o giuntato meccanicamente, bensì incollato, resinato o laminato, rendendo così molto complesse le operazioni di separazione.



Fig. 14



Fig. 15

Al contrario, nelle unità costruite in legno, acciaio o alluminio, le contaminazioni di questa natura si riducono notevolmente poiché di norma sia lo scafo che le sovrastrutture, con tanto di strutture di rinforzo, non necessitano dell'accoppiamento con altri materiali per avere la solidità strutturale richiesta. Per di più nel caso di acciaio e alluminio, cala drasticamente l'utilizzo di resine e collanti poiché la giunzione tra le varie componenti avviene tramite saldatura tradizionale o bi-metallo.

Per i motivi appena citati questo studio si svilupperà in due fasi; la prima sarà di ricerca e catalogazione nel mondo dei materiali presenti a bordo, la seconda invece verrà caratterizzata dall'ideazione e sperimentazione di un processo di separazione alternativo ai fini del riciclo e dello smaltimento.

Da ora in avanti ogni riferimento sarà esclusivamente rivolto ad unità da diporto sia vela che a motore, che abbiano una lunghezza fuori tutto inferiore ai 24 metri (natanti ed imbarcazioni) e costruite in composito, principalmente vetroresina.

02. OBIETTIVI, METODOLOGIA E RISULTATI ATTESI

2.1 Volume 1 e Volume 2

Lo smaltimento, la separazione dei materiali, il trattamento delle possibili contaminazioni e le strategie di trasporto e rottamazione sono tutte tematiche affrontabili da diversi fronti, a seconda degli obiettivi preposti. È fondamentale inoltre definire e delineare i confini d'azione delle proposte solutive che si andranno ad ipotizzare. Facendo riferimento al capitolo precedente, è già stato limitato il raggio d'azione alle imbarcazioni e ai natanti da diporto costruiti in materiale composito, così da porre i primi due estemi fondamentali: lunghezza inferiore a 24 metri e una tecnica costruttiva simile o uguale per ogni unità. Un altro parametro fondamentale da introdurre è se l'unità è di nuova costruzione oppure varata antecedentemente alle ipotesi emerse nel corso di questa ricerca. In effetti, come verrà descritto nel capitolo successivo, con il passare degli anni sono state affinate le tecnologie di costruzione ma i materiali di base non sono mutati e, connessi a loro, neanche le problematiche relative allo smaltimento.

I motivi sono molteplici, come la mancanza di normative in merito, la quasi totale assenza di sensibilità nei clienti, ma anche la facilità di "raggirare" il problema con il semplice abbandono dell'unità quando arrivata a fine vita evitando così all'armatore la preoccupazione e l'onere di risolvere la situazione, aggravando però il problema delle tonnellate di vetroresina che saranno da smaltire da qui ai prossimi anni. I cantieri continuano a produrre oggetti sempre più raffinati e performanti da un punto di vista di oggetto nautico, ma sempre più complessi e gravosi se letti come rifiuto.

Questa ricerca ha l'aspirazione di porsi come un vettore con il verso orientato ad un futuro prossimo, quando l'attenzione in fase progettuale unito alle nuove tecnologie di smaltimento collaboreranno per ridurre l'impatto ambientale di ogni singola unità.

Come ogni vettore, anche in questo caso può quindi essere scomposto in due componenti cartesiane.

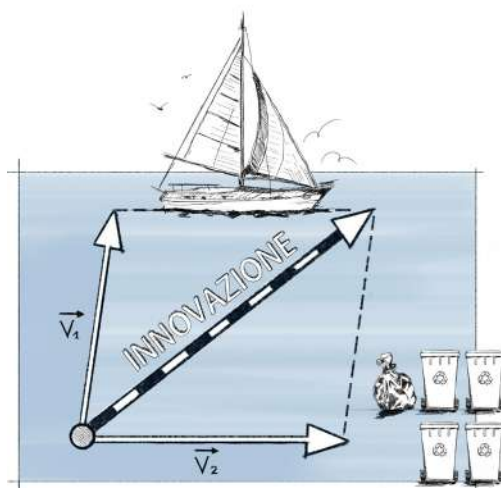


Fig. 01

Nello spirito con cui è stata intrapreso questo ragionamento, per calcolare l'intensità del vettore innovazione (\vec{i}) occorre prima analizzare singolarmente le due componenti $V_1 = (\text{Progettare l'assemblaggio})$ e $V_2 = (\text{Separazione controllata})$.

Solo la sinergia tra le fasi di costruzione e di smaltimento, apparentemente contrapposte, può portare a percentuali di riciclo maggiori, abbassando i costi e soprattutto l'impatto ambientale.

Questo è il motivo principale della suddivisione nei due volumi *Prevenire* (Volume 1) e *Curare* (Volume 2).

Come anticipato nella premessa, la prevenzione e la previsione delle fasi di smaltimento già in fase di progettazione e costruzione è fondamentale, come è fondamentale iniziare a separare correttamente i materiali presenti aspirando ad azzerare le impurità e le contaminazioni che oggi riducono le percentuali di riciclo, gravando economicamente sugli armatori ed ecologicamente sull'ambiente.

Ritornando alla regola del parallelogramma è implicito che se entrassero in gioco normative che prevedono l'abolizione di quelle tecniche di costruzione nocive alla corretta separazione ed aumentando quindi la sensibilità sulla componente V_1 (*assemblaggio*), saranno sempre meno di impatto le problematiche relative alla componente V_2 (*separazione*), che si ridurrà in parallelo ai costi, alle tempistiche e alle contaminazioni ambientali derivanti dalla separazione e dello smaltimento.

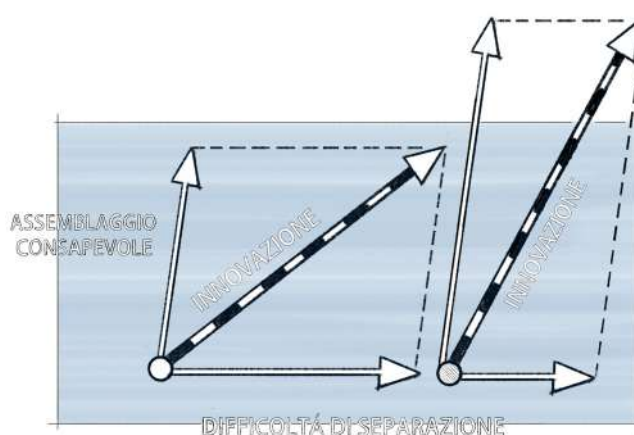


Fig. 02

2.2 Obiettivi

Abbiamo accennato all'importanza della comunicazione e del dialogo tra le fasi di costruzione e quelle di smaltimento da applicare all'interno del campo di ricerca introdotto nel capitolo precedente, ovvero a tutte le unità da diporto inferiori ai 24 metri costruite in vetroresina.

La vetroresina però è solamente il guscio strutturale di queste unità poiché, come vedremo nei capitoli successivi, l'oggetto barca è considerabile in realtà come un gruppo eterogeneo di materiali tra loro molto differenti contenuti e saldati al guscio di partenza. Questa diversità di materiali è necessaria alla creazione di macro-componenti unite tra loro con varie tipologie di giunzione più o meno irreversibili a seconda della loro natura e del loro utilizzo. L'eterogeneità di materiali è ormai controllata da una progettazione mirata alle fasi di costruzione, dove le scelte sono ponderate sulla qualità in proporzione al costo e alle tempistiche di posa. In vista però dello smaltimento di un'unità da diporto, sorgono diverse criticità dovute sicuramente ad una mancanza di normative, di strategie e di tecnologie ma, in primis, ad una scarsa sensibilizzazione e sensibilità dei cantieri di costruzione, dei singoli progettisti e del mercato rispetto al problema sempre più attuale del fine vita di questi oggetti barca.

Vengono immesse dal mercato molte più imbarcazioni di quelle che vengono smaltite, imbarcazioni che hanno una vita media stimata che oscilla tra i 20 ed i 30 anni. Come vedremo nel corso della ricerca, stiamo parlando di numeri davvero alti di imbarcazioni naviganti sia in acque nazionali che a livello globale e, tenendo conto della vita media stimata e che il boom di produzione nautica si è sviluppato a cavallo degli anni '90, ci rendiamo conto del problema sempre più vicino del cosa farne della quantità di materiali contaminati di cui dovremo occuparci da qui a breve. In realtà per sua natura la vetroresina non deperisce, quindi non risulta inquinante di per sé, a meno che non si sfaldi disperdendosi nell'ambiente. Nonostante questo, è impossibile pensare di stoccare all'infinito relitti nei cosiddetti "cimiteri" e posticipare l'inevitabile, aggirando solo momentaneamente il problema anziché cercare strategie per affrontarlo e nella migliore delle ipotesi trasformarlo in una potenziale risorsa.

L'obiettivo finale è quindi quello di trovare il possibile punto di incontro tra la progettazione/costruzione e separazione/smaltimento, senza però dimenticare il parco nautico esistente.

Questo significa che, anche ipotizzando l'avvento di nuove strategie di costruzione mirate al fine vita delle unità di nuova generazione con tecniche di smaltimento dedicate ed ottimizzate *ad hoc* per loro, non risolveremmo il problema preesistente delle tonnellate di imbarcazioni in disuso accumulate fino ad ora; nuovamente è necessario ricorrere alla scomposizione in due componenti apparentemente non correlate ma necessarie al raggiungimento dell'obiettivo finale.

L'obiettivo preposto al Volume 1 (*Prevenire*) è quello di capire ed analizzare le tecniche di giunzione delle macro e micro-componenti che costituiscono un'imbarcazione e il perché dei loro vantaggi (strutturali ed economici), per poi traslarle nel mondo della separazione e dello smaltimento e valutarne così le possibilità di smontaggio ed il grado di riciclo. In questo modo è possibile maturare una capacità di scelta razionale non solo mirata al risparmio economico in rapporto alla qualità, ma finalizzata anche sulla conoscenza delle conseguenze che essa avrà in termini di impatto ambientale ed economico che si ripercuoteranno nelle fase di smaltimento.

Al contrario il Volume 2 (*Curare*) rappresenta la ricerca di una risposta alternativa al metodo di separazione attualmente in uso. A prescindere dal tipo di costruzione, che sia metodica e attenta come suggerito nel Volume 1 (*Prevenire*) oppure sia un'unità derivante da un processo tradizionale, esiste un modo per smaltire una barca con costi di manodopera e tempistiche ridotti ed una accuratezza maggiore? Al momento, come verrà approfondito successivamente, le alternative per lo smaltimento di unità da diporto sono due, rispettivamente una più rapida e meno costosa ma più imprecisa, una molto costosa che però permette di aumentare l'accuratezza di separazione di materiali per una percentuale di riciclo maggiore.

Nel primo caso l'imbarcazione viene fatta a pezzi attraverso l'utilizzo di escavatore con ragno applicato, grazie al quale si strappano le varie componenti creando una raccolta differenziata più o meno imprecisa. Principalmente si riescono a separare gli apparati propulsivi e di trasmissione, i serbatoi (a meno che non siano strutturali), una buona parte dell'apparecchiatura elettronica, le cucinerie ed i legni dalla vetroresina. Chiaramente nel caso di incollaggi o laminazioni, la separazione è pressoché impossibile, come anche la separazione dell'imbottitura dai rivestimenti o semplicemente dei rinforzi dalla vetroresina.

Nel secondo caso invece lo smaltimento di un'imbarcazione è il riflesso della sua costruzione. La barca viene disassemblata vite per vite, rivetto per rivetto, distaccate al meglio le varie componenti l'una dall'altra e pulite manualmente il



Fig. 03



Fig. 04

grosso delle contaminazioni.

È chiaro che questo metodo porta ad un grado di accuratezza maggiore del primo, ma lievita drasticamente anche il prezzo date le ore di manodopera richieste in più, suscitando inoltre molte differenze nel risultato finale a seconda dei metodi con cui è stata costruita e laminata l'imbarcazione.

In entrambi i casi, i vari ricavati dalla raccolta differenziata vengono poi triturati o fusi a seconda degli agglomerati di materiale, al fine di un possibile riciclo o smaltimento.

Da qui nasce l'obiettivo del Volume 2 (*Curare*), ovvero sperimentare una tecnica basata sull'inversione della fasi di triturazione con quella di separazione. La ricerca verte a trovare una tecnologia con cui separare le diverse polveri derivate da una pre-triturazione comune.

2.3 Metodologia

È opportuno precisare che da questo momento in avanti ci si riferirà esclusivamente al Volume 1 (*Prevenire*), avendo degli obiettivi e quindi una metodologia di avanzamento differenti rispetto al Volume 2 (*Curare*), i quali saranno esposti all'interno dello stesso.

Per quanto riguarda il primo volume, con l'obiettivo di capire ed approfondire le tipologie di giunzione del mondo nautico, la filosofia che sta dietro alla progettazione controllata ed i vantaggi che essa può avere rispetto ad un prodotto che viene smaltito senza un'impostazione adatta, il percorso seguito può riassumersi nei seguenti cinque step:

1. Ricerca
2. Osservazione e Catalogazione
3. Analisi Critica
4. Proposte solutive
5. Confronto

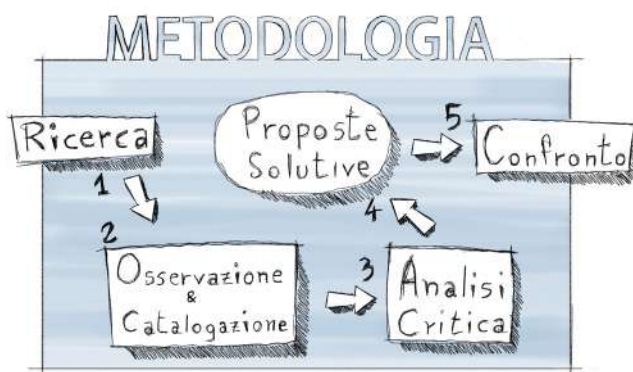


Fig. 05

2.3.1 Ricerca

Nella prima fase si è rivelato necessario lo studio delle teorie del DFMA, sigla con cui viene abbreviato Design For Manufacturing and Assembly, ponendo l'attenzione principalmente sul concetto di progettazione e costruzione seguente una logica detta "a livelli". Essa concerne la progettazione di ogni singolo componente sui concetti base del DFMA, per poi progettare ogni macro-componente come la giunzione delle singole componenti, sino ad arrivare all'ultimo step, ovvero alla progettazione delle giunzioni tra le macro-componenti stesse.

Cominciando dalle teorie di base derivanti dal principale testo in circolazione "Product Design of Manufacturing and Assembly" (G.Boothroyd, P.Dewhurst, W.A.Knight), pian piano il focus si è spostato sulla nautica da diporto, con il successivo studio di manuali di costruzione, di strutture e di refit nautico. Di interesse per la ricerca è stato l'assorbimento di nozioni tecniche e pratiche presenti su manuali di uso e manutenzione sia specifici di singoli modelli che generici, come i testi "How Boat Things Work: An Illustrated Guide" (C.Wing) o "The fiberglass boat repair manual" (A.H.Vaitses).

La diretta conseguenza all'apprendimento delle principali nozioni sull'assemblaggio progettato è stato spostare l'attenzione sul fine vita dell'oggetto barca ed in generale sulle teorie della Circular Economy e del trattamento dei rifiuti. Molto lontano dall'oggetto barca ma di grande utilità per iniziare a trattare l'argomento della progettazione dello smaltimento è stato il testo "Disassembly Modeling for Assembly, Maintenance, Reuse and Recycling: Cost Analysis, Design, Sequencing, and Modeling" (A.J.D.Lambert, S.M.Gubta).

Per quanto riguarda la gestione ed il trattamento dei rifiuti, due testi utili sono sicuramente stati "Recupero e smaltimento rifiuti. Guida alle procedure semplificate." (M.Busà, A.Cimellaro) e "Rifiuti. Come cambia la gestione dei rifiuti" (P.Masciocchi).

La ricerca teorica ha poi proseguito sul filone del rifiuto inteso come risorsa, deviando principalmente sulle tecniche di smaltimento nel campo dell'automotive, settore all'avanguardia dal punto di vista della predisposizione del prodotto al disassemblaggio e al riciclo, ed analizzando lo stato dell'arte della dismissione nautica in Italia sia da un punto di vista normativo che pratico.

Durante l'ultimo step della parte di ricerca, nonché punto di partenza del Volume 2-CURARE, l'attenzione si è spostata sulle tecniche di riciclo dei vari materiali presenti a bordo, studiando nello specifico quelle che concernono la vetroresina, tra cui spiccano principalmente il regrinding e la pirolisi sotto vuoto.

2.3.2 Osservazione e catalogazione

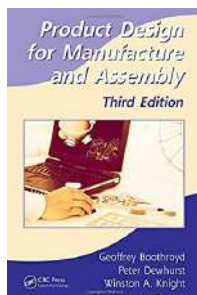


Fig. 06

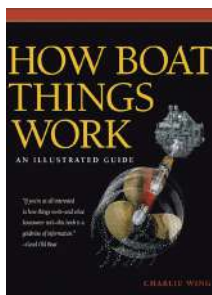


Fig. 07

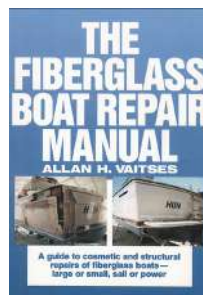


Fig. 08

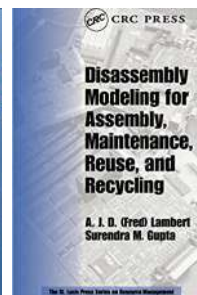


Fig. 09

Un secondo strumento ampiamente utilizzato è stata l'osservazione sul campo. In questo caso non è considerabile come uno step vero e proprio sconnesso dalla ricerca introduttiva, bensì un'interazione tra le nozioni apprese di volta in volta a livello teorico e la relativa controprova pratica eseguita sul campo per confermare, smentire o integrare la teoria.

Per quel che concerne il Volume-1, le esperienze pratiche possono essere suddivise in 3 categorie di appartenenza:

- Visite a siti costruttivi di unità da diporto di differente tipologia e dimensione. All'interno di questo blocco vengono considerate anche le esperienze pratiche svolte nel cantiere navale Matrix Marine, specializzato in refit di unità da diporto in vetroresina. Proprio grazie alla possibilità di dialogo con chi si occupa nel pratico di costruzione nautica, si è rivelata la quasi totale mancanza di sensibilità sul piano del futuro smaltimento di ciò che si costruisce. Diverso è stato nel caso di cantieri che si occupano esclusivamente di refit che al contrario tendono ad avere una maggior accortezza in merito, date le difficoltà di smontaggio e sostituzione a cui spesso vanno incontro. Durante i sopralluoghi di questa natura sono state analizzate differenti tecnologie di giunzione di macro-componenti, informandosi sui motivi delle scelte dei singoli cantieri che, nel complesso, ruotano sempre attorno alla velocità di produzione e al costo in rapporto alla qualità del manufatto finale. Come vedremo successivamente, esistono cantieri più tradizionalisti che mantengono la filosofia del modificare il meno possibile un ciclo produttivo funzionante, mentre altri più disponibili all'innovazione e al cambiamento ma solo in vista di un incremento della qualità o di una riduzione di costi.
- Visite a centri di dismissione di unità da diporto. In questo caso i siti di smaltimento sono stati selezionati non per le tipologie di imbarcazioni trattate bensì per le modalità di separazione adottate e alle strategie di smaltimento proposte. In questo caso l'osservazione della fasi di separazione ha aiutato a confermare molte delle criticità ipotizzate già durante le fasi embrionali della ricerca, sottolineando ancora una volta l'importanza dell'adottare giunzioni reversibili o per lo meno distaccabili. La differenza sta nel fatto che una giunzione reversibile permette lo

smontaggio controllato e l'ipotetico riutilizzo o sostituzione di determinate componenti, mentre si intende giunzione distaccabile un incastro non riutilizzabile ma che se fatto saltare non lascia contaminazioni in fase di smaltimento.

- Visite ai centri di trattamento di materiali provenienti dalla dismissione di imbarcazioni e non. Questo passaggio è servito a tracciare gli spostamenti dei materiali o delle singole componenti dopo essere stati estratti da un'unità da diporto. Così facendo è stato possibile stimare le percentuali di riutilizzo di accessori in base al loro stato di usura, la possibilità di riciclo di svariati materiali come le parti ferrose e metalliche, o analizzare le procedure di smaltimento di imbottiti, tessuti, pelli ed ecopelli. Di grande impatto restano sempre le grandi porzioni in vetroresina, il cui smaltimento o il riciclo sono ancora parziali ed onerosi.

Il processo di catalogazione vero e proprio si è sviluppato però in merito alla ricerca dei materiali presenti a bordo. Nel corso del capitolo 3 infatti vengono analizzate le fasi di costruzione tipiche di unità da diporto in composito, vagliando di volta in volta le alternative di giunzione ed i materiali utilizzabili. Per questa fase è stato necessario un contatto continuo con i cantieri, ma ancor più con i fornitori terzi ed il relativo studio dei loro cataloghi di accessoristica ed impiantistica. Percorrendo le fasi di laminazione, predisposizione degli impianti e successivo allestimento degli esterni/interni, è stato possibile stilare una lista verosimile che sottolinea l'eterogeneità dei materiali presenti a bordo, dalla struttura portante dell'unità all'optional apparentemente meno influente.

2.3.3 Analisi critica

Grazie alla ricerca introduttiva e alle successive esperienze sul campo è stato possibile analizzare e commentare criticamente le diverse strategie di costruzione ed assemblaggio, come anche quelle di separazione e smaltimento. Come precedentemente affermato, è chiara la mancanza di comunicazione tra chi progetta, chi costruisce e chi demolisce le unità da diporto.

Con l'ausilio di interviste a chi lavora nel campo dello smaltimento, sono state riscontrate problematiche comuni a più tipologie di unità e a differenti range dimensionali. La raccolta ed il matching di queste problematiche e difficoltà ha permesso di introdurre nella ricerca un'analisi critica relativa alle buone e cattive norme da adottare sia nelle fasi di costruzione che nelle fasi di dismissione.

Ancora mancante però è l'anello di connessione tra le due fasi opposte, motivo per cui al termine di questo primo ciclo si è consequenzialmente connessa la proposta di un'ipotesiolutiva basate sulla ricerca preliminare ed in particolare sulle strategie di semplificazione delle componenti e relativa diminuzione e standardizzazione dei punti di giunzione.

2.3.4 Proposte solutive

Per semplificare la spiegazione del processo di ideazione ed approfondimento di questa ricerca, sono state suddivise queste cinque fasi metodologiche apparentemente consequenziali l'una all'altra, anche se nella realtà vi è stata una ripetuta sovrapposizione di esse. Per di più, alcuni stadi come l'ipotesi di soluzioni plausibili, sono frutto di un ciclo più complesso di ideazione - confronto – revisione con esperti del settore.

Principalmente le proposte solutive mirano tutte ad accorciare le distanze e diminuire le disconnessioni tra la produzione e la separazione dei materiali che compongono l'oggetto barca.

La strategia non è stata quella di agire esclusivamente sulla costruzione indifferentemente dalla futura dismissione o viceversa, bensì proporre minimi interventi di modifica in entrambi gli stadi del ciclo di vita di un'unità da diporto che appianassero le difficoltà rilevate in precedenza.

2.3.5 Confronto e revisione

In ultimo ma di prioritaria importanza ci sono state le fasi di confronto, ovvero far sì che ad ogni proposta solutiva si susseguissero indagini qualitative e di fattibilità di essa, sottoponendole ad esperti dei settori argomento d'indagine. Così facendo, sono stati recepiti i pareri personali ed i commenti tecnici in merito all'apportare modifiche all'interno di cicli produttivi/di smaltimento attivi e funzionanti da anni, con esiti sicuramente differenti.

Sono emersi più volte commenti o dubbi in merito al possibile incremento di prezzo, non tanto per i materiali costruttivi quanto per il cambio di fornitori ed attrezzature ormai rodati, il che potrebbe dar vita anche a nuovi problemi logistici. Da un punto di vista puramente concettuale al contrario non sono state palesate particolari criticità, se non qualche correzione e consiglio dettati dall'esperienza che hanno permesso di scremare ulteriormente la quantità di informazioni estrapolate dalla teoria per arrivare a pochi punti fondamentali adattabili alla pratica e su cui focalizzarsi maggiormente.

2.4 Risultati attesi

Per quanto riguarda il Volume 1-PREVENIRE, le aspettative sono molteplici.

Il primo risultato è quello di avere finalmente una lista completa di materiali presenti sulle unità da diporto, in modo da avere reale coscienza dell'eterogeneità presente a bordo e poter ragionare effettivamente sulle strategie di smaltimento delle singole componenti.

Un altro risultato di rilievo è quello di riuscire a definire e motivare quando e perché alcune tipologie di giunzione sono preferibili rispetto ad altre, valutando pro/contro sia per la costruzione che per la dismissione.

In secondo luogo, dopo aver indagato sulle reali difficoltà di smaltimento, l'obiettivo è confermare dove e come agire in fase di progetto, ad esempio standardizzando le ferramenta, riducendo il numero di materiali o eliminando le sovrapposizioni per incollaggio, specie per materiali porosi.

Altro dato ambito in questa prima porzione di ricerca è il confronto tra i vari tipi di separazione e smaltimento, analizzando i pro ed i contro di ciascuno, in modo tale da confermare quale possa avvicinarsi maggiormente alla strategia migliore se combinato alle tecniche di costruzione precedentemente individuate.

L'obiettivo finale della tesi invece è sperimentare un metodo alternativo di dismissione di unità da diporto che possa concentrarsi sia su imbarcazioni ipoteticamente costruite seguendo i criteri proposti, sia in grado di affrontare il parco nautico in disuso attualmente esistente e quindi non pensato per uno smaltimento controllato. Grazie a tecniche di separazione di polveri esportate da altri settori, come ad esempio dall'agricoltura industriale, la volontà è quella di definire e calcolare il Boat-Fluff, inteso come la percentuale attualmente non separabile dall'agglomerato di materiali di risulta post-triturazione di un'unità da diporto. Questo risultato ci permetterebbe di conoscere per esclusione dal totale di partenza quali materiali sono difficili o impossibili da separare ad un costo ridotto; così facendo potremmo agire d'anticipo, riducendoli già in fase di progetto o modificando la loro giunzione con il resto dell'unità così da semplificarne il distacco.

Quest'ultimo punto verrà solo introdotto nel presente volume, dando il via alla ricerca sperimentale intrapresa e descritta attraverso il Volume 2-CURARE, per la quale sarà necessario essere a conoscenza del peso specifico e della densità di ciascun materiale rilevato in questo primo volume.

03. STATO DELL'ARTE - COSTRUZIONE:

Tecniche di costruzione e catalogazione dei materiali presenti a bordo

3.1 I numeri della nautica da diporto

La nautica da diporto è un settore in espansione e lo dimostrano i numeri che anno dopo anno mette a disposizione Confindustria Nautica al termine di ogni stagione, che convenzionalmente si chiude al 31 Agosto.

Riducendo le analisi del trend di mercato alla sola cantieristica italiana, dal 2014 al 2019 l'incremento della produzione nautica è stato sempre in positivo, con percentuali mai scese sotto la doppia cifra di incremento sull'anno precedente.

Andamento dell'industria nautica in Italia: trend di fatturato 2019 sulla base delle previsioni di chiusura di bilancio

È stato registrato un incremento della industria nautica italiana circa del +17% tra il 2014 e il 2015, +19% tra il 2015 e il 2016, +13% tra il 2016 e il 2017, +10% tra il 2017 e il 18, +11,1% tra il 2018 e il 2019.

(Fig. 01)

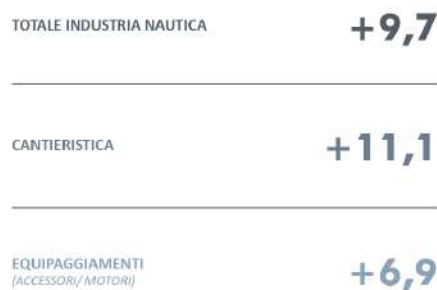


Fig. 01

Questa felice ripresa sta portando a raddoppiare i valori di vendita di imbarcazioni da diporto registrati 10 anni dopo la grande recessione economica del 2007-2008-2009 che, come in molti settori, aveva spezzato una rapida crescita della nautica a livello mondiale. (Fig. 02)

Industria italiana della nautica: andamento del fatturato globale 2000/2019
Valori in miliardi di euro

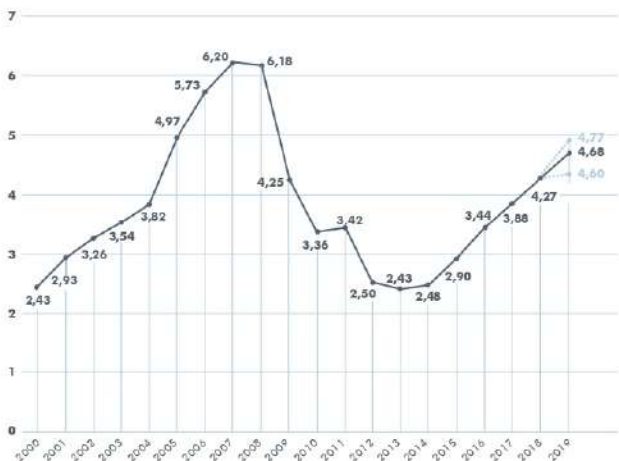


Fig. 02

I dati trattati sono riferiti ad ogni tipologia di imbarcazione da diporto, considerando dalle moto d'acqua ai super yacht appartenenti alla categoria navi da diporto.

Nello specifico, secondo i dati divulgati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti attraverso l'edizione de "Il diporto nautico in Italia – edizione 2018", possiamo avere un'idea di come si distribuiscano in percentuale le varie tipologie di imbarcazioni nel nostro paese.

La grande maggioranza è coperta dai natanti, che arrivano a sfiorare il 53,1% sul totale; al contrario la percentuale delle navi da diporto è davvero contenuta, limitandosi ad uno 0,2%.

Il 46,7% è quindi occupato dalle imbarcazioni da diporto, che è possibile scomporre ulteriormente in 3 fasce di lunghezza che convenzionalmente rientrano nei posti barca nei porti italiani. Abbiamo quindi le imbarcazioni che vanno da 10 a 12 metri di lunghezza che occupano il 22,9% sul totale, quelle che vanno da 12 a 18 metri che scendono al 20,5%, per poi diminuire drasticamente salendo di dimensione: le imbarcazioni dai 18 ai 24 metri risultano essere il 3,3%. (Fig. 03)

Ripartizione per lunghezza del parco nautico immatricolato

Valori percentuali, anno 2018

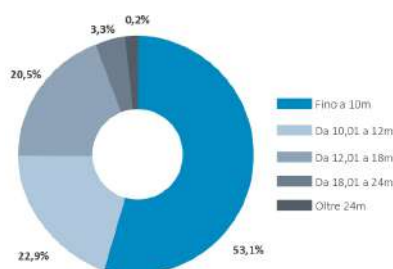


Fig. 03

Ripartizione per propulsione del parco nautico immatricolato

Valori percentuali, anno 2018

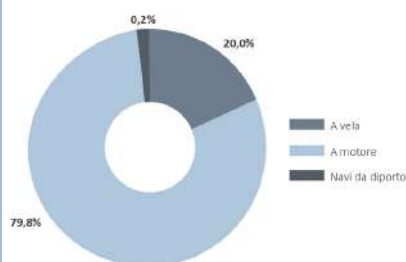


Fig. 04

Non indispensabile ai fini di questa ricerca ma comunque pertinente ed interessante è sapere inoltre che livello di sbilanciamento ci sia se consideriamo il parco nautico italiano in termini di propulsione anziché la lunghezza.

Abbiamo infatti una grande maggioranza di imbarcazioni a motore, precisamente il 79,8% delle barche da diporto immatricolate in Italia dal 2018, contro il 20% delle vele.

Il restante 0,2% è attribuito alle navi da diporto, considerate come categoria a parte sia che esse siano a propulsione a motore che velica, data la necessità di avere a prescindere generatori endotermici a bordo adatti a soddisfare la produzione di energia richiesta.

(Fig. 04)

Un grande problema a livello di tracciamento statistico delle unità da diporto in Italia è che i natanti (lunghezza inferiore a 10 m) non hanno l'obbligo di immatricolazione o di iscrizione ai registri. Inoltre, qualora si scegliesse di immatricolare ugualmente un natante, esso andrebbe ad occupare un posto nel registro delle imbarcazioni da diporto (lunghezza compresa tra i 10 e i 24 m) prendendo così un valore in termini giuridici ma causando possibili incongruenze nelle statistiche di classificazione.

Per questi motivi i numeri dei natanti presenti nelle nostre acque restano delle stime verosimilmente accurate, calcolate tenendo in considerazione tre parametri:

- Numero di natanti venduti
- Numero di natanti cancellati dai registri di immatricolazione
- Eliminazione annuale di un certo numero di natanti di cui si ipotizza lo smaltimento, stimando una vita media di circa 20 anni per le unità a vela e a motore, 10 anni per le unità minori quali canoe, kajak, barche per uso sportivo, pattini, pedalò, mosconi, barche a remi.

In proporzione, i natanti presenti sul territorio nazionale sono in rapporto 4 a 1 sulle imbarcazioni e navi da diporto, più precisamente occupano l'83% delle unità ad uso diportistico.

Composizione percentuale parco nautico complessivo

Valori percentuali, anno 2018
stima Confindustria Nautica

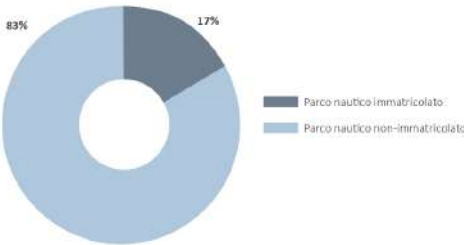


Fig. 05

Nel complesso considerando la somma delle imbarcazioni con le navi immatricolate fino a dicembre 2018, aggiungendo il numero stimato dei natanti, superiamo il mezzo milione di unità presenti solo in Italia.

A fronte della densità di popolazione italiana registrata nel 2018 (60,6 milioni) risultano esserci 9,52 barche ogni 1000 abitanti, per un valore di 0,095 unità per singolo cittadino. (Figg. 05,06)

Composizione parco nautico complessivo

Anno 2018,
stima Confindustria Nautica

Parco nautico immatricolato (al 31/12/2018)	96.755
Parco nautico non immatricolato (stima 2019)	480.000
Totale	576.755

Fig. 06

Espandendo queste statistiche a livello globale, possiamo affidarci ai dati forniti da ICOMIA (International Council of Marine Industry Association), associazione mondiale che raccoglie i dati delle varie associazioni presenti nelle singole nazioni. Chiaramente non è semplice creare un confronto diretto che risulti verosimile tra gli stessi numeri riferiti a Paesi differenti, viste le diverse metodologie di raccolta dei dati e la loro relativa affidabilità.

Alla luce di queste informazioni, si stima che su un totale di 2.713.200.000 persone (somma della densità di popolazione degli Paesi aderenti ad ICOMIA – 2018) vi siano 32.368.298 unità da diporto, ovvero 11,93 unità ogni 1000 abitanti.

Nazione	Popolazione	Unità da diporto per 1000 abitanti	Totale parco nautico
Norvegia	5.300.000	150,94	800.000
Svezia	10.200.000	73,86	753.400
Italia	60.600.000	9,52	576.755
Regno Unito	66.400.000	8,43	559.973
Finlandia	5.500.000	101,13	556.200
Francia	65.100.000	7,70	501.581
Paesi Bassi	17.200.000	29,13	501.000
Germania	82.800.000	5,80	480.000
Grecia	10.600.000	17,03	180.533
Spagna	46.700.000	3,53	164.900
Croazia	4.100.000	24,99	102.475
Svizzera	8.500.000	11,35	96.466
Polonia	38.400.000	2,11	80.886
Estonia	1.300.000	25,81	33.547
Repubblica Ceca	10.600.000	1,55	16.465
EUROPA	433.300.000	12,47	5.404.181
Canada	37.200.000	231,18	8.600.000
Australia	24.100.000	41,54	1.001.100
Nuova Zelanda	4.900.000	166,28	814.796
Giappone	126.500.000	2,25	284.900
Argentina	44.500.000	4,68	208.456
Cina	1.393.800.000	0,08	116.475
Turchia	81.300.000	1,20	97.520
Brasile	209.400.000	0,33	96.452
Israele	8.500.000	1,22	10.404
Sri Lanka	21.700.000	0,09	1.849
ALTRI PAESI	1.951.900.000	5,74	11.204.952
USA	328.000.000	48,05	15.759.165
Totale	2.713.200.000	11,93	35.368.298

In Europa il rapporto delle unità per numero di abitanti è leggermente più alto, con circa 12,47 unità ogni 1000 abitanti con un totale di 5.404.181 unità. Sempre ICOMIA ci fornisce la possibilità di suddividere il parco nautico stimato in tipologie di unità per nazione, identificando principalmente 6 categorie:

- unità a vela;
- unità a motore con entro bordo o con entrofioribordo;
- unità a motore con fuoribordo ed unità rigide;
- unità pneumatiche che siano maggiori di 2,5 metri di lunghezza e 20 Kg di peso;
- PWCs (moto d'acqua);
- altre unità;

Unità a vela	Unità a motore eb o efb	Unità con motore fb e unità rigide	Unità pneumatiche >2.5m >20kg	PWCs	Altre Unità
54.000	211.000	420.000	115.000	-	-
67.300	86.500	560.500	39.100	-	-
18.776	78.737	-	-	-	479.242
215.311	96.696	170.114	64.697	13.155	-
18.600	56.600	475.000	6.000	-	-
106.706	3.420	391.455	-	-	-
186.000	141.000	174.000	-	-	-
-	-	-	-	-	-
5.980	13.580	131.045	23.438	6.490	-
87.950	52.400	6.050	11.500	7.000	-
-	-	-	-	-	-
28.584	61.562	6.320	-	-	-
71.685	226	4.923	2.000	2.052	-
973	11.147	13.950	6.363	1.102	12
3.014	3.299	3.641	4.006	1.802	703
864.879	816.167	2.356.998	272.104	31.601	479.957
-	-	-	-	-	-
30.505	85.755	754.050	54.790	76.000	-
49.419	22.529	216.339	32.853	22.636	471.020
13.400	47.000	132.000	29.900	62.600	-
3.961	20.229	150.688	33.578	-	-
2.776	8.956	41.374	57.369	-	-
10.880	32.585	32.905	19.300	1.850	-
8.732	18.780	32.420	4.720	4.800	-
-	-	7.006	3.398	-	-
82	224	815	160	124	444
119.755	236.058	1.373.597	236.068	168.010	471.464
1.584.793	2.601.336	7.878.226	0	1.022.799	2.672.011
2.569.427	3.653.561	11.608.821	508.172	1.222.410	3.623.432

Anche a livello globale si conferma quindi una netta maggioranza di imbarcazioni a motore che occupano circa il 60% del parco nautico stimato da ICOMIA. Analizzando più nel dettaglio il grafico (IMMAGINE 34) si evince che all'interno di questo 60% si distribuiscono imbarcazioni dotate di fuoribordo o comunque unità rigide in rapporto 5 / 1,5 rispetto alle unità con motori entro bordo o entrofuoribordo. Rispetto alle percentuali italiane invece il numero di unità a vela si dimezza, passando dal 20% (UCINA – unità a vela in Italia) al 10% (ICOMIA – unità a vela nel mondo).

(Fig. 09)

Parco nautico mondiale, ripartizione per tecnologia

Valori percentuali, anno 2018

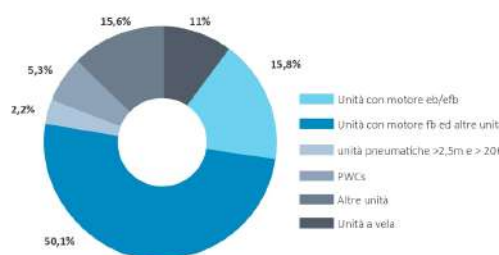


Fig. 09

3.2 La vetroresina

3.2.1 I materiali compositi

Per definizione i materiali compositi fondono al loro interno i punti di forza di più materiali, facendoli convergere in un unico agglomerato dalle caratteristiche fisico-meccaniche migliori rispetto a quelle degli elementi di partenza presi singolarmente.

Per essere definito composito quindi un materiale deve essere costituito da due o più fasi:

solitamente una fase è considerata discontinua, è resistente e più o meno rigida e per questo viene anche chiamata rinforzo; la seconda fase più debole e meno rigida ma continua, chiamata matrice, fa sì che si possa impregnare il rinforzo, indurendolo.

Talvolta a causa di interazioni chimiche particolari tra matrice e rinforzo, è necessaria l'interposizione di una fase aggiuntiva detta interfase.

Le proprietà dei materiali compositi dipendono, oltre che dai materiali costituenti, da fattori come la geometria del sistema, l'orientamento dei rinforzi, le percentuali di volume e di peso di matrice e rinforzo.

In vista degli sforzi che dovrà sopportare il sistema, variando questi parametri si può quindi creare il composito di volta in volta più idoneo alle specifiche situazioni.

Ad esempio per materiali compositi con prestazioni basse o medie, si utilizzano rinforzi costituiti da fibre corte o particelle; in questo modo si ottiene un buon irrigidimento locale ma non distribuibile su dimensioni considerevoli.

Al contrario se si cerca un materiale composito ad alte prestazioni strutturali, si utilizza un rinforzo costituito da una fibra continua che forma letteralmente lo scheletro del materiale, determinando la rigidità e la resistenza nella direzione della fibra. In questo caso la protezione ed il sostegno delle fibre è data dalla matrice, come anche il trasferimento degli sforzi locali da una fibra all'altra. In casi in cui venga interposta un'interfase aggiuntiva, anche se in piccola percentuale sul totale, si riesce a controllare ulteriormente i meccanismi di rottura, la resistenza alla frattura e il comportamento sforzo/deformazione del materiale stesso.

Le fibre adoperabili sono soprattutto quelle di vetro, di carbonio, organiche e minerali e si presentano sotto forma di tessuti con le fibre di differenti lunghezze e orientazioni e ciò influisce sull'anisotropia del sistema.

Nel campo della nautica e in generale nel mondo dei compositi strutturali, le fibre di vetro sono state le più utilizzate date le loro buone caratteristiche di resistenza meccanica in proporzione alla bassa densità. Nonostante il costo elevato, anche l'utilizzo delle fibre di carbonio si sta velocemente diffondendo tra i compositi strutturali poiché ha un peso specifico minore, un basso coefficiente di dilatazione termica ed un modulo elastico molto più alto. (Fig.10)

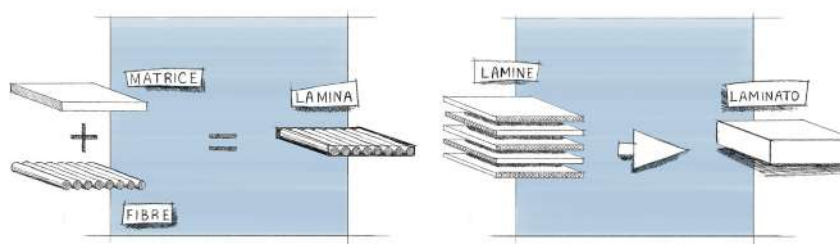


Fig. 10

La vetroresina, o come spesso viene abbreviata VTR o GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymers), si è rapidamente posizionata al primo posto dei materiali più utilizzati per la costruzione di imbarcazioni da diporto, in particolare per le macro-componenti strutturali come scafo, coperta e sovrastrutture.

Nonostante il peso specifico ridotto, con un valore che a seconda della sua composizione si aggira tra $1,5 \text{ Kg/m}^3$ a $2,5 \text{ Kg/m}^3$, questo materiale è in grado di convergere ottimamente le capacità meccaniche del rinforzo, ovvero la fibra di vetro, con quelle della matrice, che può essere composta da differenti tipologie di resine.

3.2.2
Tipologia di
matrice

È importante specificare che le resine utilizzabili per la creazione di vetroresina strutturale appartengono tutte alla famiglia dei polimeri termoindurenti. Per definizione, questi polimeri creano dei legami molto stabili da un punto di vista dimensionale e molto resistenti sia alla temperatura che agli agenti chimici. Questo processo è chiamato anche reticolazione e non è presente invece nei polimeri termoplastici. (Fig. 11)

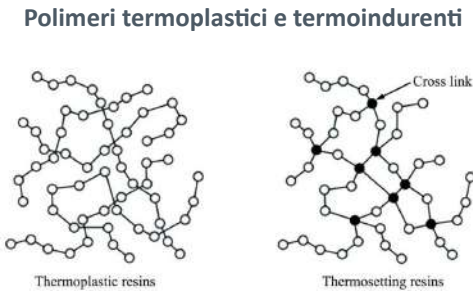


Fig. 11

Una volta avviato il processo di catalisi, ovvero l’indurimento della resina, non è possibile interrompere la reticolazione che crea così dei legami non reversibili. Esistono tre tipologie di resine utilizzabili per la vetroresina: la poliestere, la vinilestere e l’epossidica.

L’utilizzo di una resina piuttosto che un’altra incide su diversi fattori, andando a variare più o meno sensibilmente la qualità del manufatto, il suo peso (o dislocamento) ed il prezzo finale.

Da un punto di vista delle performance, considerando i fattori a. resistenza meccanica, b. rigidezza del composito finale ottenuto e c. percentuale di ritiro in seguito all’asciugatura, possiamo affermare che la peggiore è la poliestere, seguita poi dalla vinilestere e in ultimo vi è l’epossidica, che è la migliore. Di resina poliestere ne esistono due sottocategorie, la Ortoftalica, che però presenta forti rischi di osmosi senza una buona protezione dall’acqua, e la Isoftalica, di qualità nettamente superiore rispetto alla prima ma anche molto più cara. Per questi motivi in campo nautico la resina poliestere è poco adoperata; al contrario la più utilizzata grazie all’ottimo rapporto qualità/prezzo è la vinilestere, poiché presenta capacità non lontane dall’epossidica ma ad un prezzo nettamente inferiore. (Fig.12)

	d	E	σ_{RT}	σ_{RC}	ε_{RT}	HDT
	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	°C
Poliestere isoftalica	1210	3600	60	130	2.5	95
vinilestere	1120	3400	83	120	5	110
epossidica	1200	3000	85	130	5	110

σ_{RT} = tensione di rottura a trazione
σ_{RC} = tensione di rottura a compressione
ε_{RT} = allungamento a rottura per trazione
HDT = resistenza alla temperatura

Fig. 12

3.2.3 Le fibre di rinforzo

Vetro-E

Più di rado troviamo anche le resine fenoliche, ma sono molto costose rispetto alle altre; esse presentano caratteristiche simili alle resine epossidiche ma in più hanno una bassa infiammabilità ed una conduzione elettrica pressoché nulla, motivi per cui viene utilizzata maggiormente in campo aeronautico.

Come per ogni fase di un progetto e della sua costruzione, anche nella scelta delle resine è necessario porre attenzione agli obiettivi che si tenta di raggiungere. Le differenti priorità, come il prezzo finale o il peso di progetto, influiscono drasticamente su questa scelta.

Per fare un esempio, in media la resina epossidica può arrivare a costare quasi il 15% al Kg in più rispetto alla vinilestere ma consente di raggiungere un dislocamento finale che può ridursi del 10%.

In realtà questa differenza di prezzo viene ammortizzata dalla quantità di materiale richiesto; infatti per ottenere un manufatto con resina vinilestere che possa essere paragonato per qualità ad uno in epossidica, occorre utilizzare non solo più resina ma anche molte più fibre di rinforzo e questo porta ad una differenza stimata di prezzo che varia tra il 5% e il 10%.

Queste percentuali sono basse se pensate su modelli singoli di imbarcazioni, i così detti one-off ma, ragionate all'interno di una produzione in serie come nella maggior parte dei cantieri costruttori di imbarcazioni da diporto, portano ad una differenza sostanziale, motivo per cui la resina epossidica, come anche l'utilizzo del carbonio, dominano in settori di nicchia tipo quello delle imbarcazioni da regata.

Passando ora al rinforzo, le fibre nel caso della VTR si ottengono attraverso la filatura di una miscela a secco di più elementi, portata poi a fusione a circa 1269°C in una fornace. Il vetro fuso viene alimentato direttamente su filiere, solitamente in lega di platino, aventi piccoli fori attraverso cui cola per gravità creando così i filamenti.

Esistono differenti tipologie di fibre di vetro che, come per le resine, possono influire sulla qualità e sul prezzo dell'elaborato finale, e vengono distinte attraverso una serie di formulazioni differenti.

La designazione tecnica delle differenti tipologie di vetro rispetta le norme le norme ISO 1139:1973(E) e ISO 2078:1993(E).

Di base la formulazione più ricorrente è il Vetro-E, estratta dal dosaggio di silicio, alluminio – boro, carbonato di sodio e carbonato di calcio.

- **Vetro-E** (E-glass): è il più utilizzato in campo nautico, ha proprietà meccaniche soddisfacenti ad un costo relativamente basso. Di base i singoli filamenti avrebbero performance superiori, ma arrivano a perdere gran parte delle loro proprietà meccaniche in seguito al processo di tessitura. Grazie ad opportune modifiche alla formulazione del Vetro-E, si possono ricavare elaborati differenti in cui vengono esaltate specifiche

caratteristiche a seconda della necessità, ottenendo fibre di vetro dalle prestazioni superiori al Vetro-E, ma anche nettamente più costose. Le più conosciute sono le seguenti:

Vetro-ECR

- **Vetro-ECR:** maggior resistenza alla corrosione, specialmente in ambiente acido, oltre a miglior resistenza meccanica e termica. Inoltre il vetro-ECR, grazie all'assenza di boro nella sua formulazione, durante il processo di fusione produce gas che rispettano le recenti normative sull'ecologia.

Vetro-S

- **Vetro-S:** come nel caso del Vetro-ECR, la formulazione del Vetro-S non presenta boro oltre ad alcali, il che lo rende migliore per prestazioni meccaniche se paragonato alle tipologie precedenti; infatti presenta una resistenza a trazione ed un modulo elastico migliori di circa il 20-30% , mentre la resistenza all'urto e a fatica aumenta fino al 50%. Ha una buona resistenza alla corrosione e all'invecchiamento. Un altro fattore importante è che questi parametri hanno uno scarso degrado se portati ad alte temperature, ma questo fa sì che necessiti anche di più alte temperature di fusione e filatura ed è per questo che risulta molto più costoso del Vetro-E e del Vetro-ECR.

		vetro E	vetro ECR	vetro S
Peso specifico	g/cm ³	2,63-2,64	2,66	2,45
resistenza a trazione	MPa	3815-3830	4050	4955
modulo di elasticità	GPa	78-79	82	88
allungamento a rottura	%	4,8	4,9	5,5
ripresa umidità	%	< 0,1	< 0,1	< 0,1
indice di rifrazione	–	1,547-1,562	1,565	1,522
resistenza al fuoco	–	incomb.	incomb.	incomb.
coefficiente di dilatazione termica lineare	cm/cm °K ⁻¹	5×10 ⁻⁶	6×10 ⁻⁶	5,5×10 ⁻⁶
calore specifico a 23 °C	kJ/kg °K	0,8	0,79	0,81
conduttività	watt/m °K	1 – 1,3	1,22	1,34
costante dielet. a 10 GHz	–	6,90 – 6,97	7,07	5,4

Fig. 13

Esistono poi altre tipologie di vetro che però non vengono utilizzate associate a resine, bensì a malte e cementi e quindi utilizzate nell'edilizia. Questi sono principalmente il Vetro-AR, il Vetro-C e il Vetro D.

Le diverse capacità meccaniche del rinforzo però non si basano esclusivamente sulla formulazione chimica con cui è composto, ma anche dalle differenti possibilità di filatura che tessuto creato.

Possiamo avere un singolo filamento (monofilament), ovvero il filamento di base derivante dalla fusione del vetro ed avente un diametro di circa 10 μm .

A partire da essi, possiamo avere (Fig. 14):

- **Cavo da filatura (Tow):** prodotto dalla macchina di filatura, è un fascio che può comprendere anche migliaia di filamenti non sottoposti ad alcuna torsione. Questi cavi sono destinati ad essere filati, ritorti oppure spezzati per essere utilizzati come fibre corte o discontinue.
- **Filo o Filato (Spun yarn):** Filo formato dalla torsione dei singoli filamenti.
- **Filo assemblato (Roving):** i filati vengono accoppiati parallelamente, tenuti insieme solo da una leggerissima torsione. (Fig. 14.1)

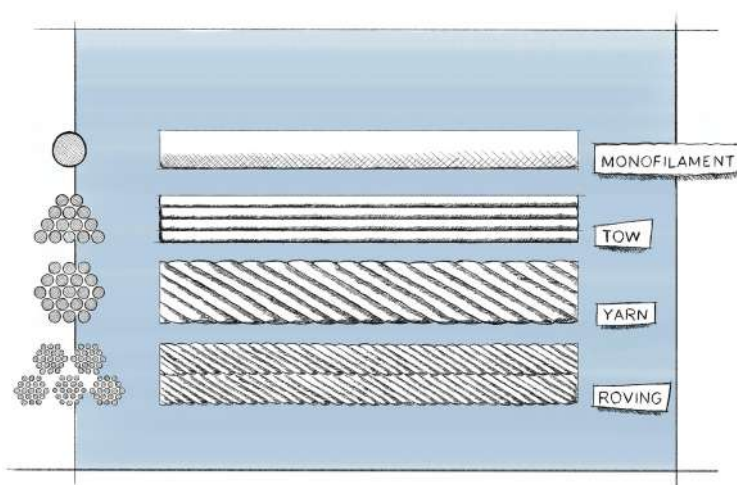


Fig. 14



Fig. 14.1

3.2.4 I tessuti

Più interessanti per la costruzione nautica sono i tape, rotoli di tessuto creati grazie all'unione di tow o spun yarn tramite cucitura, normale affiancamento o fissaggio su un supporto.

In questo caso si dividono in diverse tipologie:

- Il tessuto meno prestante da un punto di vista meccanico è il **MAT**, creato dall'intersezione di fibre più o meno corte disposte in direzioni casuali. Solitamente è utilizzato per creare spessori o per coprire pannelli non soggetti a carichi gravosi. (Fig. 15)



Fig. 15

Abbiamo poi i vari **tessuti intrecciati**, che a loro volta possono dividersi a seconda del tipo di armatura (Fig. 16). I tessuti intrecciati sono semplici da posare, sono molto robusti e hanno costi contenuti. Il difetto di questi tessuti è che le fibre creano delle piccole pieghe nel passare l'una sull'altra e di conseguenza, se viene applicato un carico sul laminato, flettendo la resina si deve allungare prima che inizino a lavorare le fibre, rischiando di provocare piccole crepe nella matrice. Le crepe, oltre a danneggiare strutturalmente il laminato, possono diventare un facile accesso per l'acqua con il rischio di dare il via al principio di osmosi e delaminazione.

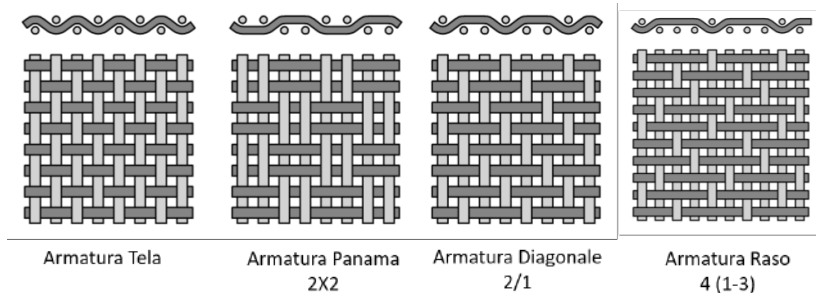


Fig. 16

In ultimo, ma fondamentali nella progettazione e costruzione nautica, abbiamo dei tessuti studiati per migliorare le proprie performance in una o più direzioni. Questi tessuti si dividono in:

- **Tessuti Unidirezionali:** Come sottolinea il termine stesso, i tessuti unidirezionali sono predisposti affinché il maggior numero di fibre scorra in un'unica direzione, mentre le restanti servono quasi esclusivamente a tenere in posizione le prime, oltre che ad aggiungere una parziale solidità al laminato. Da un punto di vista meccanico sono i tessuti più prestanti se disposti lungo la normale dello sforzo che andrà a gravare sul manufatto. Per questo motivo però sono anche complessi da utilizzare poiché deve esserci alle spalle uno studio accurato della direzione dei carichi per poter ottimizzare al meglio la direzione di posa. Inoltre le proprietà di un tessuto unidirezionale sono molto scarse in senso trasversale. Si introduce quindi il concetto di anisotropia di un materiale, ovvero quando le proprietà meccaniche o termiche variano al variare della direzione considerata, al contrario invece di un materiale isotropo in cui la direzione non influisce su queste proprietà. Una problematica dei tessuti unidirezionali è la difficoltà ad accumulare spessore e per questo motivo vengono spesso utilizzati nella costruzione in sandwich, ovvero come pelle esterna ed interna di un materiale interposto come ad esempio compensato marino, PVC o schiume poliuretaniche che danno una maggior rigidità al manufatto.
- **Tessuti non Tessuti:** tra i più utilizzati, i tessuti non tessuti nascono dalla sovrapposizione di due o più unidirezionali tramite cuciture, in modo da ricreare una specie di isotropia artificiale del manufatto o comunque da poter orientare a piacimento le fibre a seconda dei vari sforzi in previsione. Possiamo quindi avere dei tessuti non tessuti:
 - biassiali, disposti ad esempio a $\pm 45^\circ$;
 - triassiali, disposti ad esempio a $\pm 45^\circ/0^\circ$;
 - quadriassiali, disposti ad esempio a $\pm 45^\circ/0^\circ/90^\circ$;
 - multiassiali, in generale comprendenti da tre ad un numero n. di assi.
- **Tessuti Accoppiati:** nascono dalla cucitura di diverse tipologie di tessuto, sia per intreccio che per formulazione chimica. I due esempi più utilizzati sono:
 - Rovimat R, che accoppia una stuoia di fibre intrecciate ad uno strato di MAT. Considerando il peso complessivo, il 70% circa è attribuibile alla stuoia mentre il 30% al MAT;
 - Aramat R, considerato un tessuto ibrido, accoppia uno strato di MAT di fibre di vetro ad una stuoia di fibre sintetiche aramidiche intracciate.
- **Pre-preg:** In ultimo abbiamo i pre-preg, ovvero tessuti preimpregnati (solitamente con resina epossidica) protetti da una pellicola da rimuovere solo nel momento della posa. Un aspetto interessante dell'utilizzo di tessuti pre-preg è il fatto di avere già delle percentuali volumetriche di matrice/

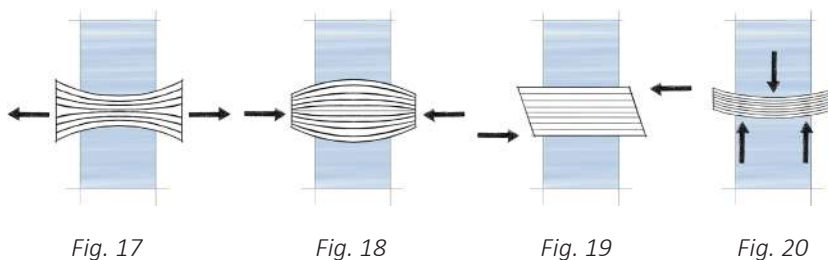
3.2.5 Reazione agli sforzi

rinforzo ottimali. Solitamente vengono abbinati all'utilizzo del sottovuoto per eliminare eventuali bolle d'aria presenti oppure si fa ricorso all'autoclave per una compattazione ancora migliore. Esistono differenti esempi di pre-preg a seconda delle temperature richieste per la polimerizzazione: i pre-preg a bassa temperatura necessitano di polimerizzare in forni a temperature tra i 70°C e gli 80°C, mentre per i pre-preg ad alte temperature occorrono tra i 120°C e i 180°C.

È opportuna specificare che la resistenza agli sforzi di questo materiale non si limita alla somma algebrica delle proprietà dei materiali di base, bensì è in grado di aumentarle esponenzialmente a seconda delle percentuali di mescola e della direzionalità delle fibre.

Parlando di capacità meccaniche e quindi di resistenza agli sforzi, è necessario identificare questi ultimi semplificando come essi agiscono sul composito e quali sono le dirette conseguenze che hanno su esso.

- **Trazione:** lo sforzo a trazione può essere definito come lo sforzo normale ad un corpo che ne provoca l'allungamento nella direzione della forza stessa. Nel caso della vetroresina, la risposta a questo tipo di carico viene assorbita principalmente dal rinforzo, ovvero dalla fibra di vetro, avendo una rigidità molto maggiore alla resina. (Fig. 17)
- **Compressione:** definita come riduzione del volume di un corpo a causa di una forza esterna applicata sulla superficie, mette invece alla prova l'adesione della matrice alle fibre. Infatti è fondamentale che le fibre vengano mantenute in posizione dalla resina senza perdere la direzione e senza che si distacchino l'una dall'altra, provocando una delaminazione del laminato. (Fig. 18)
- **Scorrimento:** nel caso dello scorrimento, come nella situazione raffigurata, le fibre vengono forzate a scorrere in versi opposti, rischiando così una delaminazione; in questo caso la resistenza maggiore viene opposta dalla componente matrice. Senza un'adeguata laminazione, con presenza di bolle d'aria o semplicemente un errato dosaggio di resina in proporzione alla quantità fibre, la matrice non aderisce ottimamente ad esse e rischia di non riuscire a trasferire lo sforzo lungo il composito applicando resistenza, chiamata anche resistenza allo scorrimento laminare. Questo è tra i casi più gravosi a livello di danni che potrebbe apportare, sommato al fatto che non sempre è semplice da individuare. (Fig. 19)
- **Flessione:** al contrario dello scorrimento laminare, la risposta ai carichi di flessione è sicuramente una delle qualità di questo materiale composito, poiché sfrutta a fondo sia le capacità meccaniche delle fibre di vetro che l'adesione ad esse e la possibilità di trasferimento degli sforzi da parte della resina. (Fig. 20)



Chiaramente le variabili in gioco sono sempre molte, ma con la scelta corretta dell'alternanza degli strati, della più idonea grammatura delle stuoie e del dosaggio ottimale tra resina e fibre, la qualità dei laminati in vetroresina è sempre maggiore e soprattutto il mondo nautico sta arrivando ad una costruzione sempre più controllata ed automatizzata, riducendo il fattore errore umano a livelli bassissimi rispetto ai primi anni in cui questo materiale veniva sperimentato.

3.3 Costruire con la vetroresina

Abbiamo introdotto la composizione della vetroresina, accennando alla formulazione chimica delle sue componenti e specificando le differenze in termini di qualità dei possibili manufatti, ma come viene realmente posata la vetroresina? E soprattutto, nel caso delle imbarcazioni da diporto, quali sono i passaggi necessari allo stampaggio?

Ogni cantiere può scegliere di sviluppare il ciclo produttivo a seconda di diversi fattori e come sempre restano determinanti i costi e la qualità. Per questo motivo esistono differenti tecniche e tecnologie di stampaggio, ognuna delle quali meglio si adatta a specifici utilizzi.

A prescindere dalla tipo di processo che si sceglie di adottare, in linea generale lo stampaggio si può suddividere in:

Preparazione dello stampo

Lo stampo deve essere opportunamente pulito e trattato con un distaccante per facilitare l'estrazione del pezzo finito.

Stesura del Gelcoat

Il primo strato all'interno dello stampo, che sarà lo strato più esterno del pezzo finito, non è vetroresina bensì gelcoat; esso è una miscela di resine e pigmenti di colore che funge da strato protettivo del laminato. Al momento dell'estrazione, la finitura superficiale risulta perfetta, ma se necessario, è possibile procedere ad un'operazione di lucidatura con pasta abrasiva e cere. Alcuni cantieri preferiscono non miscelare i pigmenti di colore in pasta, ma procedere con una successiva operazione di verniciatura.

Innanzitutto occorre specificare che tutte le tipologie di laminazione possono convergere in due categorie di appartenenza, le tecniche manuali e quelle semi-assistite. È facilmente intuibile la differenza tra le due, ove nel primo caso risulta fondamentale la precisione della manodopera, mentre nel secondo caso è prioritaria l'accuratezza nella preparazione del processo.

Cominciando dalle tecniche di laminazione manuale, esistono principalmente due metodi di posa e impregnazione, quella a rullo e quella a spruzzo. Possiamo inoltre considerare appartenenti a questa tipologia le tecniche che prevedono l'utilizzo di tessuti pre-preg.

Laminazione a spruzzo

Universalmente conosciuta come *Spray-up*, necessita di una speciale pistola ad aria compressa con un serbatoio dedicato in cui viene contenuta la resina. Le fibre invece, sotto forma di bobina arrotolata, vengono frammentate durante l'aspirazione nella pistola. Successivamente grazie alla pressione del compressore, vengono sparate attraverso un foro sottostante all'ugello di fuoriuscita della resina. In questo modo sono impregnate e spruzzate direttamente sulla superficie dello stampo su cui è già stato posato il Gelcoat.

Dato il processo di frammentazione, il risultato sarà un componente costituito da fibre corte e per questo motivo non adatto a carichi importanti. Inoltre è necessario utilizzare resine dalla bassa viscosità o si corre il rischio di una impregnazione delle fibre poco efficace. (Fig. 21)



Fig. 21

Stesura manuale con rullo o pennello

Questa tecnica, in inglese denominata *Hand lay-up*, è tra le più utilizzate nella nautica da diporto, specialmente per imbarcazioni di dimensioni contenute. Consiste nel posare a secco le fibre all'interno di uno stampo, come sempre precedentemente Gelcoatato, per poi impregnarle con un rullino o un pennello. La resina di norma viene poi lasciata catalizzare a temperatura ambiente. Questo processo permette di utilizzare qualsiasi tipologia di resina come qualsiasi tipo di rinforzo. Ovviamente in questo caso la qualità della manodopera è fondamentale per raggiungere un livello elevato. Inoltre è possibile incrementare la bontà del manufatto sottoponendolo in fase di catalisi a processi termici o ti pressione come vedremo successivamente. (Fig. 22)



Fig. 22

Sacco del vuoto (tecnica del sottovuoto)

In questo caso il processo di catalisi avviene all'interno di un ambiente portato in sottovuoto, e viene chiamata in generale *Vacuum*.

Questa tecnica prevede il posizionamento del manufatto impregnato all'interno di una pellicola ermetica che assicura, grazie ad una pompa del vuoto, la creazione del sottovuoto; questo fa sì che si elimini l'aria residua tra le varie fibre e che la distribuzione della resina sia uniforme. Chiaramente il laminato è di qualità maggiore grazie anche al recupero della resina in eccesso; un vantaggio degno di nota lo troviamo anche a livello di esalazioni chimiche nell'aria poiché esse vengono sprigionate all'interno del sacco del vuoto senza una dispersione nell'ambiente.

Il processo è relativamente semplice ma ovviamente incrementa i costi di produzione rispetto ad una catalisi tradizionale sia in termini di tempi di manodopera, sia di materiale utilizzato poiché, oltre alla pompa del vuoto, sono necessari i sacchi del vuoto e vari strati intermedi quali tessuti microforati per

il filtraggio della resina in eccesso ed il *peel ply*, uno strato necessario da interporre tra il laminato ed il sacco del vuoto per assicurarne il distacco oltre che una discreta finitura superficiale.

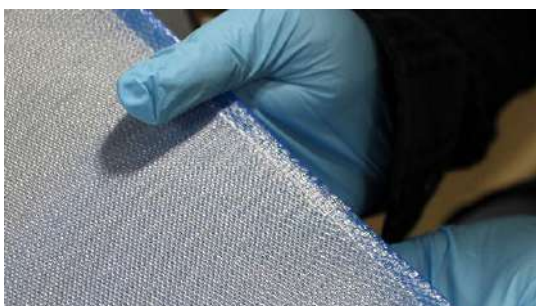
(Fig. 23)



Fig. 23

Pre-peg

Come abbiamo visto in precedenza (1.1.4), l'utilizzo di tessuti pre-impregnati assicura un dosaggio ottimale di resina in proporzione alle fibre. Questi tessuti sono conservati in celle frigo a circa -14°C poiché il catalizzatore utilizzato nella pre-impregnazione



da parte del produttore resta inattivo a quelle temperature. I rotoli di pre-peg a temperatura ambiente risultano appiccicosi e di semplice posa, ma il processo di catalisi è comunque lento e poco efficace se non portato alle temperature corrette. Per questo motivo a questa tecnica viene abbinato l'utilizzo del sacco del vuoto successivamente riscaldato (120°C-180°C) per far sì che avvenga la catalisi del laminato. Inoltre, qualvolta si cerchi un manufatto di qualità ancora maggiore, si può ricorrere all'utilizzo dell'autoclave, che porta il processo in pressione fino a 5 atmosfere, dando così la possibilità di compattare al massimo gli strati di fibre e uniformando la resina. (Fig. 24)

Fig. 24

Passando invece alle tecniche di laminazione semi-assistite, abbiamo principalmente gli stampaggi ad iniezione, ad infusione e per poltrusione.

Stampaggio ad iniezione

La laminazione per iniezione, anche detta *Resin Transfer Molding (RTM)*, condivide la prima fase con le tecniche di laminazione manuale, ovvero la stesura a secco delle fibre sullo strato di gelcoat già presente nello stampo. Prima di iniziare l'impregnazione però viene posizionato un secondo stampo, o controstampo, che preme sul laminato che a sua volta è appoggiato sul primo stampo. A questo punto viene iniettata la resina attraverso uno o più fori di entrata; anche in questo caso si può creare l'effetto di sottovuoto per alzare la qualità

del laminato attraverso un foro di uscita da cui viene estratta l'aria presente nell'intercapedine tra i due stampi. Finita la creazione del vuoto vengono chiusi entrambi i fori e si lascia compiere il processo di catalisi.

(Fig. 25)

Anche in questo caso è possibile utilizzare ogni tipo di resina come di rinforzo. Questa tecnica permette di avere manufatti curati in superficie da ambo i lati grazie al controstampo. La qualità è molto alta a discapito di un costo di stampaggio elevato rispetto alle tecniche di laminazione manuale.

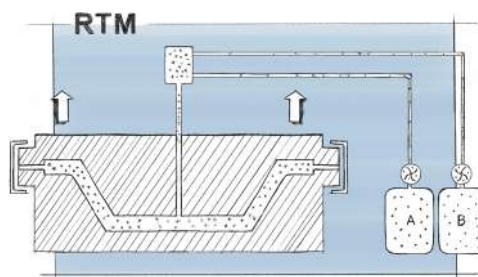


Fig. 25

Stampaggio ad infusione

Questo processo unisce le dinamiche dello stampo tramite sacco del vuoto a quelle dell'iniezione della resina. Anche in questo caso le fibre vengono disposte a secco nello stampo ma successivamente, anziché essere pressate da un controstampo, vengono coperte dal *peel ply* per poi procedere alla impregnazione. La resina viene iniettata da uno o più fori di entrata, mentre da un foro di uscita, attraverso una pompa del vuoto, viene creato il sottovuoto. Anche in questo caso la resina in eccesso viene filtrata dalla membrana apposita, così da avere un laminato leggero senza eccessi di resina.

I vantaggi sono gli stessi della laminazione ad iniezione con la differenza che i laminati avranno la finitura superficiale in gelcoat solo dalla parte dello stampo e non da ambo i lati come nella RTM. I costi però sono più contenuti non avendo la necessità di fabbricare un secondo stampo.

(Fig. 26)

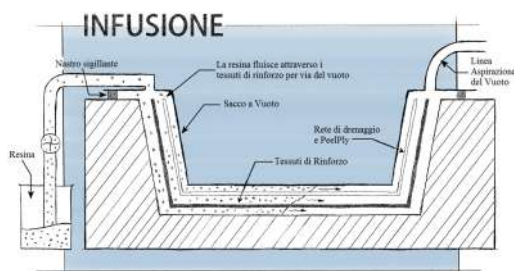


Fig. 26

Stampaggio per poltrusione

Questa tecnica, meglio nota come *poltrusion molding*, permette di stampare profilati estrusi. È difficilmente utilizzata nei cantieri di costruzione nautica ma

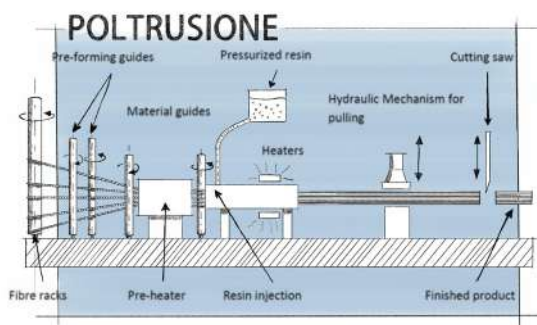


Fig. 27

3.3.2 Laminati in sandwich

ugualmente citata per completezza e per il possibile interesse che potrebbe avere in progetti futuri. In questo caso le fibre utilizzate sono roving oppure strisce di mat che passano in un bagno di resina per l'impregnazione e successivamente tirate attraverso uno stampo riscaldato con la forma del profilato da ottenere.

(Fig. 27)

Esistono ovviamente altre tipologie di stampaggio che però non vengono utilizzate in campo nautico, come lo stampaggio per centrifugazione, lo stampaggio per avvolgimento e lo stampaggio in continuo.

Le categorie di stampaggio descritte, oltre alla classificazione qui introdotta in manuale e semi-assistite, sono anche differenziate tra stampaggi a stampo aperto (Hand lay-up e Spray-up), a bassa pressione (Sacco del vuoto, iniezione, RTM) e a compressione o alta pressione (con l'ausilio di un'autoclave). Introduciamo ora uno dei più grandi nemici della separazione e dello smaltimento nel settore della nautica da diporto: i laminati in sandwich. Questa tipologia di stampaggio in realtà deriva da quelle descritte in precedenza ma merita un sotto-paragrafo a sé stante data la sua incisione negli sviluppi di questa tesi di ricerca, specialmente nelle fasi sperimentali.

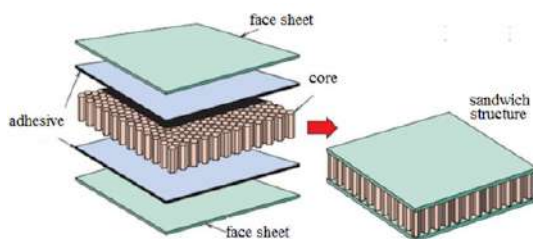


Fig. 28

e di conseguenza il suo momento di inerzia, garantendone un incremento sostanziale in termini di prestazioni in proporzione ad uno scarso aumento del peso, specie per componenti di grandi dimensioni.

Per semplificare la differenza tra un pannello omogeneo (o monolitico) ed un pannello in sandwich, possiamo analizzare l'immagine accanto che mostra come si distribuiscono gli sforzi nei due casi.

(Fig. 29)

Come suggerisce il nome stesso, i laminati in sandwich in sintesi racchiudono un core, un'anima, un rinforzo, lasciandolo tra due o più strati di vetroresina.

(Fig. 28)

Questo processo viene utile affinché aumenti lo spessore del laminato



Nella struttura a sandwich il materiale che deve essere sollecitato viene posto distante dall'asse neutro di flessione, con i vantaggi di sfruttarlo integralmente aumentando il momento di inerzia.

Distribuzione degli sforzi in una struttura a sandwich

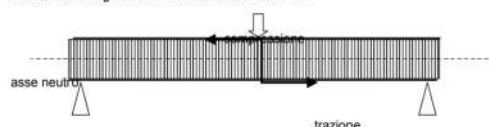


Fig. 29

Nel caso del pannello monolitico, la faccia superiore viene sollecitata a compressione a differenza di quella inferiore che viene sollecitata a trazione. Al centro della sezione del pannello invece, attorno all'asse neutro, la sollecitazione è praticamente nulla e questo fa sì che non si sfrutti al 100% il potenziale del pannello.

Al contrario, nel caso del pannello in sandwich, le facce sollecitate restano distanti dall'asse neutro lavorando al massimo delle loro potenzialità e sfruttando inoltre la resistenza a compressione del pannello interposto.

Se inizialmente il sandwich preoccupava costruttori ed armatori per via delle prime difficoltà di incollaggio ed adesione dei vari strati e veniva riservato solo per piccole porzioni di sovrastruttura, al giorno d'oggi invece lo si predilige alla tradizionale costruzione in monolite, soprattutto per quel che concerne l'opera morta dell'imbarcazione. In realtà ormai un gran numero di imbarcazioni viene costruita con la tecnica del *full sandwich*: tutto lo scafo (chiglia, fondo e fianco) viene costruiti in sandwich per avere imbarcazioni sempre più leggere, più rigide e più isolate sia termicamente che acusticamente.

Il core interposto tra le due pelli, chiamate rispettivamente pelle esterna e pelle interna, può essere di diversa natura. Principalmente troviamo PU (Poliuretano, sia sotto forma di schiume che espanso), PVC (Polivinilcloruro), balsa o compensati marini e pannelli a struttura alveolare. Questi ultimi, denominati anche *honeycomb* (celle a nido d'ape), ottimi per la rigidezza in proporzione al peso, possono essere di natura plastica o metallica.

(Fig. 30)

Il problema della struttura alveolare è che, in caso di falla o semplici crepe nella pelle esterna, l'infiltrazione dell'acqua all'interno degli alveoli rischia di portare a un distacco dei vari strati non facilmente riconoscibile. Con un principio di distacco è facile che la penetrazione dell'acqua si diffonda poi tra i vari interstizi, estendendosi anche a grandi porzioni di scafo, motivo per cui negli ultimi anni si stanno diffondendo sempre più *core* in schiumati pieni.

Le schiume derivano dall'immissione di sostanze gassose all'interno di un materiale plastico. Può essere utilizzato in due modi principalmente:

- **Stato liquido:** in questo caso il materiale viene immesso a pressione all'interno dello stampo unitamente al gas, in modo che si espanda all'interno occupando lo spazio a disposizione.
- **Blocchi solidi:** la schiuma, già espansa tramite gas, può essere acquistata in blocchi solidi. Questi blocchi sono molto semplici da lavorare e hanno costi contenuti ed un peso specifico davvero ridotto (varia circa da i 16 ai 110 Kg/m³) a parte il PU che invece arriva a 600 Kg/m³



Fig. 30

Nomex

Styrofoam

In generale, i materiali più utilizzati sono il PVC espanso e il PU date le ottime capacità fonoassorbenti, isolanti e di smorzamento delle vibrazioni a fronte di un prezzo ben più basso dei vari *honeycomb core* presenti sul mercato.

Tra i migliori abbiamo il Nomex, marchio registrato della DuPont, creato da una miscela aramidica resistente alle fiamme. Si possono trovare frequentemente anche pannelli di Styrofoam (polistirolo estruso), molto meno costosi.

A livello di separazione nelle fasi di dismissione e smaltimento, uno dei grandi problemi del sandwich è la presenza degli adesivi strutturali con cui i pannelli sono saldati alle pelli. Questa tipologia di adesivo in realtà la troviamo in molte parti dell'imbarcazione e non solo nei rinforzi in sandwich, e fa sì che, nonostante l'ottima tenuta nel tempo, vi siano problemi di contaminazioni dei materiali nello smaltimento, soprattutto quando accoppiato a materiali porosi come gli espansi o i legni di bordo (es. Paratie).

Gli adesivi strutturali non sono altro che collanti a base di differenti tipologie di resina, ad esempio acriliche, epossidiche, poliuretaniche o siliconiche.

I più utilizzati in campo nautico sono gli adesivi a base epossidica e i siliconici; i primi sono molto resistenti agli agenti atmosferici ma molto più rigidi, mentre i siliconici hanno una flessibilità maggiore, motivo per cui spesso sono accoppiati a vetri o legni, dei quali assecondano le dilatazioni nel tempo.

Gli adesivi strutturali sono quasi tutti adesivi bicomponenti, ovvero che non reagiscono a fattori come temperatura o umidità ma solo ad un agente catalizzatore esterno aggiunto al momento della posa.

Hanno ottime capacità di resistenza agli sforzi, basti pensare che per essere definiti "strutturali" infatti devono avere la possibilità di sostenere carichi maggiori o uguali a 100 Kg/cm².

Sono inoltre adatti all'incollaggio di macro-porzioni poiché sono in grado di distribuire e disperdere uniformemente gli sforzi lungo tutta la superficie di contatto.

3.3.3 Stratificazione in un'imbarcazione di 24 m

A seconda delle dimensioni di un'unità o del suo anno di costruzione, ma anche della tipologia di carena in funzione delle prestazioni che dovrà raggiungere, ogni scafo può avere una differente stratificazione, ovvero un diverso ordine e numero di strati posizionati all'interno dello stampo per ottimizzare il peso in funzione degli obiettivi.

Introduciamo quindi il concetto delle tabelle di laminazione, di cui ogni costruttore è particolarmente geloso poiché racconta molto delle proprie tecniche di costruzione e delle percentuali di miscelazione di resina/rinforzo ottimali maturate in anni di esperienza. Ai fini di questo elaborato, è stata fatta una media tra i dati raccolti nel triennio. È opportuno specificare che all'interno di questa media sono stati inseriti dati relativi ad imbarcazioni da diporto al limite dei 24 metri di lunghezza, più precisamente modelli tra i 60 e i 100 piedi poiché le percentuali di differenza tra un modello e l'altro e tra un cantiere ed i suoi competitors sono maggiori e più facilmente apprezzabili ed il vantaggio di materiali utilizzabili è maggiore. Inoltre, come risulterà più chiaro in seguito, le contaminazioni tra materiali e le maggiori difficoltà di separazione e smaltimento sono presenti in unità proprio all'interno di questo intervallo di lunghezze.

TABELLA DI LAMINAZIONE MEDIA UNITA' 24 m			G _c (% fibra)	Peso strato (g/m ²)	Spessore (mm)	Chiglia	Fondo	Fianco
SKIN COAT	MANUALE	Gelcoat		1200	1	1	1	1
		MAT 300 + vinilestere	30%	1000	0,71	4	2	3
PELLE ESTERNA	INFUSIONE	BIAX 600 g ± 45°	60%	1000	0,58	/	/	1
		BIAX 1200 0°/90°	60%	2000	1,15	4	2	1
		BIAX 600 0°/90°	60%	2000	0,5	2	1	1
CORE		PVC 80 kg/m ³ - spessore 30 mm	/	2400	30	/	/	1
		PVC 150 kg/m ³ - spessore 35 mm	/	4550	35	/	1	/
PELLE INTERNA	INFUSIONE	BIAX 1100 0°/90°	60%	2000	1,15	9	3	2

Tab. 1: Tabella di laminazione media di unità da diporto a motore di 24 m

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE VARIE COMPONENTI DI LAMINAZIONE	Chiglia	Fondo	Fianco
Spessore pelle esterna (mm)	/	4,3	3,9
Spessore pelle interna (mm)	/	3,5	2,3
Spessore laminato (mm)	18,9	42,8	36
Peso unitario (Kg/m ²)	32	18,7	13,5
G _c (% fibra)	56%	55%	51%

Tab. 2: Tabella riassuntiva delle varie componenti oggetto di laminazione

Da questa tabella è possibile evincere alcuni dati di interesse per questo studio (riferiti esclusivamente ad imbarcazioni tra i 60 ed i 100 piedi) che possiamo riassumere nei seguenti punti:

- La maggior parte dei cantieri scompone la laminazione dello scafo in tre fasi:
 1. Laminazione manuale dello strato superficiale, detto Skincoat;
 2. Infusione della pelle esterna
 3. Infusione del sandwich e della pelle interna
- Nei pochi casi in cui si procede alla laminazione manuale anche delle pelli del sandwich, si predilige l'utilizzo di una particolare stuoia, il **rovimat**. Esso è formate da più strati di biassiale che vengono incollati o cuciti ad uno strato di MAT.
- Le resine più utilizzate sono quelle vinilestere. Più raramente si utilizza la fibra di carbonio come rinforzo con resina epossidica come matrice (quasi sempre per componenti minori come roll-bar, alberetti-radar o hard-top)
- Nelle fasi di laminazione manuale superficiale la percentuale di resina è molto maggiore, il 70% del peso dello strato infatti è dato dalla resina mentre il restante 30% dalle fibre. La situazione è inversa nelle fasi di

infusione quando il manufatto è molto più asciutto, raggiungendo il 60% di fibre contro il 40% di resina.

- Si predilige la laminazione della chiglia in monolite, ovvero un single-skin formato da più strati di biassiale ad alta grammatura, mentre per il fondo e per il fianco si preferisce alleggerire tramite un sandwich con pannelli in PVC. Per questo motivo, il peso unitario della chiglia è molto maggiore rispetto al fondo e al fianco. La media del peso unitario delle chiglie infatti si aggira poco al di sopra dei 30 Kg/m², contro un 18-20 Kg/m² per il fondo e 12-15 Kg/m² per il fianco, nonostante questi ultimi siano molto più spessi rispetto alla chiglia. In media infatti la chiglia è di poco inferiore ai 20 mm di spessore, il fondo invece spesso supera i 40 mm e risulta lo strato più spesso, mentre il fianco si aggira intorno ai 35 mm. Si evince l'importanza dell'alleggerimento in sandwich notando che nel fondo, su una media di 42,8 mm di laminato complessivo, la pelle esterna è poco superiore ai 4 mm, di cui 1 mm è dato dallo strato di Gelcoat, mentre la pelle interna si aggira intorno ai 3,5 mm; la restante parte è data dal pannello in PVC da 35 mm interposto tra le due pelli.

Solitamente i cantieri che costruiscono imbarcazioni di queste dimensioni si appoggiano a fornitori esterni che costruiscono gli stampi e si occupano delle stampate. Gli scafi e le sovrastrutture vengono poi trasportati in cantiere per la verniciatura e l'allestimento.

Proprio a causa del trasporto dallo stampatore al cantiere di costruzione, è possibile venire facilmente a conoscenza del peso delle scocche vuote così da poterlo mettere in relazione al dislocamento finale a secco dell'unità. Ragionando ancora per medie, sia considerando imbarcazioni a vela che a motore, sia tenendo in considerazione esempi di imbarcazioni "flash-deck" (con sovrastrutture essenziali o inesistenti) o navette a più ponti, il peso delle stampate di vetroresina dello scafo e delle sovrastrutture insieme è sempre intorno al 30-35% del dislocamento totale dell'unità.

È interessante sottolineare la proporzionalità di questo rapporto che, salvo casi particolari, tende a mantenersi relativamente costante anche scendendo di dimensioni. Chiaramente questa regola non può considerarsi valida in natanti di piccole dimensioni, senza interni e verosimilmente senza gruppo propulsivo, poiché caleranno sempre di più le percentuali di rivestimenti ed impianti, fino a ribaltare completamente il rapporto sopra citato. Ai fini di questa ricerca però non è da considerarsi un caso critico poiché possiamo presumere che, all'aumentare della percentuale di vetroresina fino ad un ipotetico 100% del dislocamento complessivo, le tematiche trattate in questa ricerca come la separazione tra i vari materiali e soprattutto l'abbassamento delle contaminazioni saranno semplificati al massimo. Chiaramente in questo caso il focus passerebbe dalle tematiche del disassemblaggio al ben diverso problema dello smaltimento dei materiali compositi, obiettivo parallelo ma differente a quelli preposti per questa ricerca.

3.4.1 Eterogeneità dei materiali

Gelcoat

*Poliuretano PU
Polivinilcloruro PVC*

*Acciaio Galvanizzato
Carbonio*

3.4 Non solo vetroresina

Chiamarle imbarcazioni in vetroresina è un appellativo fuorviante. Dai paragrafi precedenti infatti è emerso che già in una stampata in Vtr sono presenti contaminazioni di più materiali, basti pensare alla semplice finitura superficiale in Gelcoat, che a sua volta può essere verniciato o wrappato con speciali film adesivi, come spesso accade negli ultimi anni, specialmente negli interventi di refit.

Le contaminazioni maggiori le abbiamo con la costruzione in sandwich, dove la vetroresina compenetra con i materiali di rinforzo, fondendosi totalmente o parzialmente.

In realtà non cambia particolarmente il discorso se si passa dalla costruzione in single-skin poiché, anche se non abbiamo il materiale interposto tra le due pelli come nel caso del sandwich, abbiamo ugualmente i rinforzi longitudinali e trasversali delle strutture. Infatti la chiglia, i madieri e i paramezzali sono trattati come se fossero costruiti in sandwich: vengono sagomate forme di PU o PVC, incollati all'interno della stampata e contro-laminati al suo interno. (Figg. 31,32)



Fig. 31



Fig. 32

Nel caso di alcune imbarcazioni a vela più moderne, il piede dell'albero si trasforma in un ragno strutturale a cui si ancora la deriva per mezzo di appositi bulloni passanti detti prigionieri e, ai lati, scaricano le lande che scendono dalla testa dell'albero tenendolo in compressione. Questo oggetto si presenta come un reticolato in acciaio galvanizzato o, nei casi di imbarcazioni più

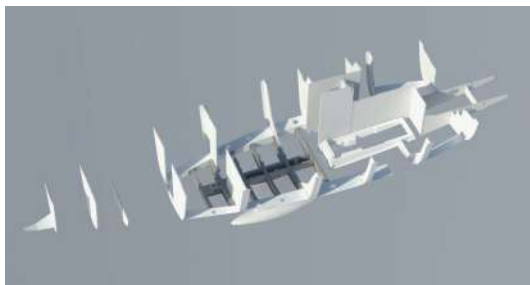


Fig. 33

performanti, in carbonio, e viene imbullonato o laminato alle strutture preesistenti; (Figg. 33,34) inutile aggiungere che il caso più gravoso in termini di smaltimento è quando vengono adottate entrambe le tecniche in contemporanea.

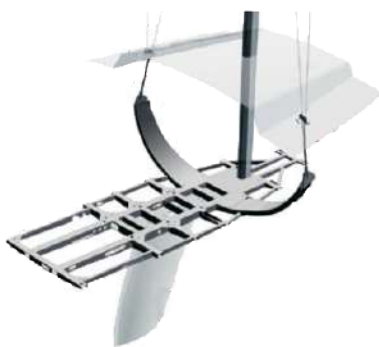


Fig. 34

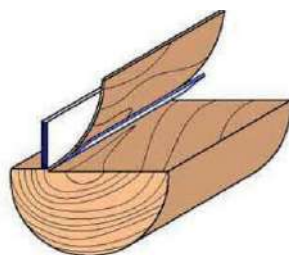
Da qui in avanti individueremo i materiali trattati catalogandoli in una tabella complessiva in cui verranno paragonate le differenti densità degli stessi (Kg/dm^3), dato chiave per la sperimentazione del Volume 2-Curare.

3.4.2 Compensati marini

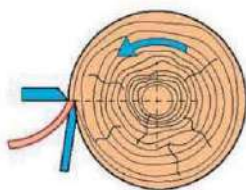
Polivinilcloruro PVC

Sempre all'interno dello scafo avremo poi le paratie, sia quelle strutturali e di compartimentazione, sia quelle di separazione dei vari ambienti nel caso di unità con interni vivibili. Anch'esse possono essere in PVC o altri espansi di vario genere, oppure in legno. Solitamente vengono utilizzati pannelli di compensato marino che verranno successivamente incollati e contro-laminati allo scafo o alle strutture interne, andando ad aggiungersi all'eterogeneità di materiali che lentamente si stanno fondendo nel dare forma allo scafo.

Il compensato marino è molto utilizzato in campo nautico per la sua predisposizione a sopportare rapidi cambiamenti di temperatura e di umidità. Inoltre è un buon isolante termico e buon dissipatore di vibrazioni. Già di per sé è un materiale derivato dall'incollaggio con differenti resine di più strati di legno. I vari compensati marini sono quindi a tutti gli effetti dei multistrati.



Piallaccio tranciato



Piallaccio sfogliato

Fig. 35

Gli strati, chiamati tranciati o piallacci, sono dei sottili fogli ricavati per tranciatura sulla lunghezza delle assi di legno oppure estratti per sfogliatura a rotazione dal tronco stesso. (Fig. 35)

Questi fogli sono poi incollati uno sull'altro invertendo di volta in volta l'orientazione delle fibre, così da creare un pannello ortotropo, cioè in grado di sopportare sforzi da due direzioni perpendicolari tra loro; inoltre questo evita la possibilità che i pannelli si incurvino. In questo processo vengono utilizzate colle idrorepellenti

a base di differenti tipi di resine a seconda della destinazione di uso. Ad esempio per un utilizzo esterno con esposizione solare e ad un maggior grado di salinità, sono suggerite resine fenoliche. Esse sono riconoscibili dalla colorazione scura visibile tra uno strato e l'altro di piallaccio; al contrario in previsione di un utilizzo in spazi interni si ricerca spesso una maggior trasparenza, optando così per una base di tipo melaminico o ureico.

Si utilizzano differenti tipologie di legno per la creazione di compensati marini, tra i più utilizzati abbiamo il compensato di Okoumè.



Fig. 36

Possiamo avere differenti spessori a seconda del numero di strati che, per convenzione, è sempre in numero dispari per un fattore estetico: così facendo infatti, con l'alternanza di direzione delle fibre di un foglio con l'altro, sia la faccia superiore che quella inferiore avranno la medesima orientazione.

(Fig. 36)

Anche nel caso in cui le paratie strutturali fossero in materiale composito con un possibile core in espanso, nella grande maggioranza delle imbarcazioni sono rivestite in legno, in tessuti o in pellami per avere una finitura estetica più elegante. Come possiamo vedere nell'immagine seguente, a partire dallo scafo e dalle sue strutture già analizzate in precedenza, si stanno lentamente aggiungendo e saldando irreversibilmente diversi materiali con differenti tipi di resine e collanti. (Figg. 37, 38)

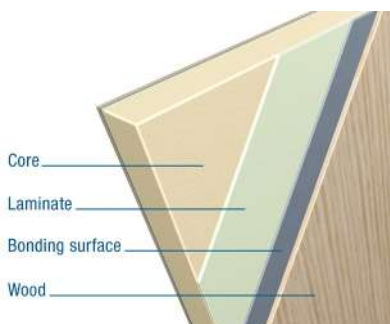


Fig. 37



Fig. 38

MDF

Esistono poi i pannelli MDF, acronimo di Medium Density Fiberboard: essi vengono realizzati grazie ad un processo di feltratura di fibre legnose pressate e compattate grazie ad adesivi sintetici. I vari strati vengono poi incollati sino ad arrivare allo spessore desiderato con adesivi ureici/melaminici. A seconda della densità di materiale e del grado di compattazione dei diversi strati, varia drasticamente il peso specifico che di norma oscilla intorno agli

800-900 Kg/m³ ma che può ridursi a 500-600 Kg/m³ nelle versioni più leggere. Compensati marini o pannelli come MDF o simili hanno ottime proprietà meccaniche in proporzione al loro peso, lo svantaggio è chiaramente da un punto di vista ecologico ed ambientale, specie considerando lo smaltimento a fine vita.

Gli incollaggi devono rispettare la normativa N 314 Classe 3 ma, nonostante questo, alla base delle resine fenoliche utilizzate c'è una buona percentuale di melamina, catalogata nelle schede di rischio come sostanza pericolosa se ingerita, inalata o assorbita. Per altro, trattandosi di resine termoindurenti, il processo di catalisi non permette la reversibilità, rendendo difficile il riciclo. Questi incollaggi tendono a rilasciare nel tempo formaldeide, sostanza tossica le cui emissioni, inizialmente ignorate, al giorno d'oggi iniziano ad essere sempre più controllate e regolamentate. In Italia nel 2008 è entrata in vigore una legge che vieta l'immissione sul mercato di pannelli a base di legno, semilavorati o manufatti finiti le cui emissioni di formaldeide superino il valore limite stabilito per la classe E1, definita nell'appendice B della norma UNI EN 13986.

La classe di emissioni dei pannelli viene attribuita secondo due parametri derivanti da controlli iniziali (prove iniziali di tipo) e da prove periodiche nel corso della produzione (prove di controllo della produzione). Affinché un qualsiasi pannello di compensato, multistrato, MDF o OSB rientri nella categoria E1 (a basse emissioni), deve poter vantare dei seguenti parametri nelle due tipologie di controllo:

Prove iniziali di tipo

Ogni pannello deve presentare emissioni di formaldeide minori o uguali a 0,124 mg/m³ di aria, misurate con il metodo UNI EN 717-1 (metodo della camera).

Prove di controllo della produzione

I pannelli creati dalla compattazione di particelle, come MDF o OSB, non possono avere un contenuto di formaldeide maggiore di 8 mg/100 g di pannello essiccato in forno (metodo del perforatore - UNI EN 120). Per quanto riguarda invece le altre tipologie di pannello, non devono presentare emissioni maggiori di 3,5 mg/m² h (metodo della gas-analisi - UNI EN 717-2). Questa soglia vale anche per i pannelli verniciati o nobilitati.

I pannelli che soddisfano i parametri della classe E1 possono essere tranquillamente utilizzati negli ambienti chiusi di vita e soggiorno poiché non superano la concentrazione di equilibrio nell'aria della camera di prova maggiore di 0,1 ppm, limite approvato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Considerando 1 ppm = 1 mg/kg, emerge la bassissima concentrazione di emissioni nell'aria permesse dalle ultime normative in merito.

3.4.3 Predisposizione impianti

Una volta estratto lo scafo dallo stampo, quasi in contemporanea alla costruzione delle paratie principali, si passa alla predisposizione e alla posa degli impianti.

In questa fase vengono montate le piastre di rinforzo e l'apparato propulsivo, appoggiati e fissati i serbatoi (a meno che non siano strutturali) e posate le guide e le canaline dell'impianto elettrico, idraulico e, se presente, del gas.

Per quel che concerne l'apparato propulsivo, prenderemo in considerazione la

Ghisa

Acciaio inox AISI 316
Gomma 30 - 90 Sh A

categoria critica, ovvero con sala macchine interna chiusa ed appendici per la trasmissione poste all'esterno (entrofuoribordo ed entro bordo). Possiamo suddividere i vari elementi in quattro maggiori sotto-categorie di appartenenza: Propulsione, Trasmissione, Serbatoi, Idroguide e cablaggi.

- **Propulsione**

Solitamente i rinforzi in sala macchine sono in ghisa, come anche il basamento dell'apparato propulsivo e i blocchi motore. La ghisa, lega ferrosa ottenuta dalla fusione di ferro con un alto tenore di carbonio (tra 1,9% e 6,5%), è un materiale con un'elevata resistenza alla compressione e, soprattutto, alla corrosione. Sulle piastre vengono posizionati i Silent-block, un sistema antivibrazione interposto tra le strutture dello scafo e il gruppo propulsivo. (Figg. 39, 40).

La maggior parte delle tipologie presenti in commercio è costituita da acciaio inossidabile AISI 316 e gomme a base naturale o sintetica con durezza variabile tra i 30 e i 90 Shore A. La produzione di gomme industriali antivibranti fa riferimento alla normativa UNI- EN ISO 9001 : 2008.



Fig. 39

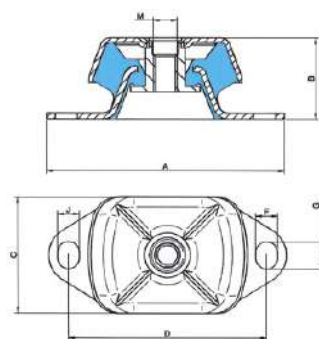


Fig. 40

Per determinare la classe di appartenenza si utilizza il Durometro shore su un campo di misura che oscilla tra 0 e 100 shore. Le punte di

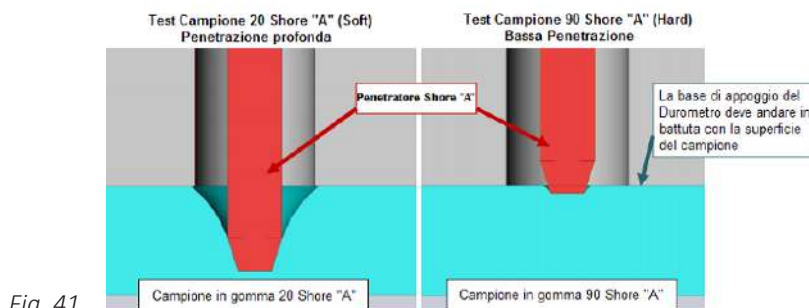


Fig. 41

penetrazione variano a seconda della categoria di gomma.
(Figg. 41 ,42 ,43)



Fig. 42



Fig. 43

Come anticipato in precedenza, i motori vengono fissati direttamente ai Silent-block.

La maggior parte dei componenti viene creata per mezzo della forgiatura della ghisa.

Per quanto riguarda le guarnizioni di tenuta del motore (testata e condotti oleodinamici) si utilizzano piastre piane forate in acciaio non legato AISI 1008/1010 rivestite con gomme dalla durezza intorno ai 75 ± 5 Sh A.

In caso di guarnizioni ad alta tenuta in termini di pressione, viene interposta una molla in acciaio AISI 304. (Fig. 44)



Le giranti solitamente sono in gomma dura o neoprene con anima in metallo e/o resine termoindurenti.

Le pulegge invece possono essere sia in ghisa che in alluminio ed accolgono le cinghie di trasmissione e distribuzione di differente natura. Le più economiche sono in gomma sintetica come Cloroprene CR (70 Sh A) o Nitrile NBR (80 Sh A) mentre le performance maggiori si ricavano dall'utilizzo di cinghie in poliuretano termoplastico con inserti di cavi di acciaio. (Figg. 45 ,46 ,47)

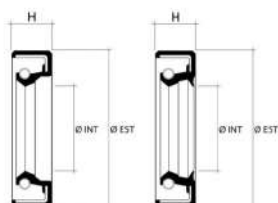


Fig. 44

Acciaio AISI 1008

Acciaio AISI 1010

Acciaio AISI 304

Gomma 75 ± 5 Sh A

Neoprene

CR 70 Sh A (Cloroprene)

Alluminio Al

NBR 80 Sh A (Nitrile)

Poliuretano

termoplastico TPU



Fig. 45



Fig. 46



Fig. 47

• Trasmissione

La trasmissione non è nient'altro che il sistema meccanico che trasferisce il moto dal motore all'elica o all'elica intubata nel caso degli idrogetti. L'asse vero e proprio nella grande maggioranza di casi è in Acciaio Inox AISI 316 , in MARINOX 17, 22, 25 o Duplex F51.

L'astuccio porta elica, il tubo contenente l'asse dell'elica nel punto di fuoriscita dallo scafo, è tendenzialmente in OTS, OT63, ALLUMINIO, FE510. (Fig. 48)

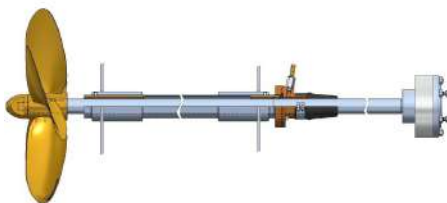


Fig. 48

Nelle imbarcazioni in composito è già predisposto per essere laminato allo scafo, mentre invece nelle imbarcazioni in acciaio o alluminio viene saldato.

MARINOX 17

MARINOX 22

MARINOX 25

Duplex F51

OTS

OT63

Alluminio Al

FE510

Acciaio C45

Acciaio zincato

NIBRAL

Bronzo

Rame Cu

Acciaio al tungsteno

X7

Mercalloy

Manganese Mn

NiBrAl

Acciaio AISI 630

Alluminio 3571

Ergal

Titanio Ti

Per garantire la tenuta stagna, vengono utilizzate delle flange forgiate di acciaio da costruzione di tipo C45 oppure di acciaio zincato.

I supporti dell'asse sono in OTS, NiBrAl o acciaio.

Per garantire uno scorrimento rotazionale fluido dell'asse vengono introdotte delle boccole in bronzo, rame o acciaio al tungsteno con all'interno una gomma idrolubrificata.

A seconda del tipo di imbarcazione e di che trasmissione si utilizzi, le eliche sul mercato sono principalmente in acciaio inox, in lega X7, Mercalloy, Lega Manganese e Lega Nichel-Bronzo-Alluminio (NiBrAl).

Nel caso di trasmissione entro bordo risulta necessario l'installazione di timoni direzionali. Possiamo trovare timoni in compensato marino laminato, in composito, in NiBrAl, in OTS o in acciaio Inox.

Quasi sempre l'asse del timone è in Acciaio AISI 630, ma possiamo trovare anche assi in Acciaio Inox AISI 304/316, in Alluminio 3571, in Ergal, in Titanio o in materiali compositi.

Per quanto riguarda i piedi poppieri Entrofuoribordo, Ips e Fuoribordo, la trasmissione sottomarina è garantita da una serie di giunti meccanici

Zinco ZN

(principalmente cardanici) in ghisa, in titanio o in acciaio inox. La scocca esterna è invece in alluminio. (Fig. 49)

Grande nemica dell'apparato di trasmissione esterno allo scafo è la corrosione galvanica. Questo fenomeno implica una reazione chimica che crea un flusso di corrente elettrica tra diversi metalli immersi in una soluzione conduttiva. Il passaggio di corrente elettrica provoca l'erosione del metallo più attivo che funge da anodo. Per questo motivo vengono inseriti degli elementi di zinco detti anodi sacrificali che vengono erosi salvaguardando i metalli meno attivi che costituiscono il piede poppiere (anche timoni o flaps).



Fig. 49

- **Serbatoi**

La posa dei serbatoi è una fase critica che necessita di una solida progettazione alla base. Tralasciando gli aspetti di statica e dinamica della barca, non di interesse per questa ricerca, bisogna tenere conto della possibilità di smontaggio e sostituzione di essi. Inoltre ai fini dello smaltimento, data la contaminazione a cui sono sottoposti nel corso del ciclo di vita, rientrano tra i rifiuti pericolosi da sottoporre a bonifica. Per questo motivo, nonostante le dimensioni ragguardevoli che possono raggiungere in termini di capienza, occorre che vengano predisposti in una posizione strategica che ne permetta lo sbarco relativamente agevole. Si consideri che, come per molte altre componenti, la complessità dei serbatoi e delle relative pompe di aspirazione è direttamente proporzionale alle dimensioni della barca.

Su natanti di piccole dimensioni ad esempio i serbatoi sono in ELTEX arancione, un polietilene ad alta densità omologato CE. Spesso sono solo appoggiati/incastriati e quindi removibili. Solitamente vanno dai 5 ai 150 litri. (Fig. 50)

ELTEX
Polietilene ad alta
densità HDPE



Fig. 50

Polietilene
reticolato PEX

Peraluman 5083

Salendo attorno ai 200 litri di capacità troviamo i serbatoi in acciaio inox, conformi sia alle normativa CE che RINA. (Fig. 51)

Fino a 400 litri di capacità vengono utilizzati serbatoi in alluminio fabbricati in accordo alla normativa ISO21487:2013-05 e certificati CE.

Salendo di dimensione si passa a serbatoi in polietilene reticolato PEX ed infine ai serbatoi in lega di alluminio peraluman 5083, certificati RINA o RINA con Croce di Malta e quindi utilizzabili anche nelle navi da diporto superiori ai 24 metri.

La capacità di carburante imbarcabile su imbarcazioni da diporto di grosse dimensioni può tranquillamente raggiungere i 15.000-20.000 litri.



Fig. 51

Più raramente troviamo uno dei casi più nocivi a livello di contaminazione di materiali: i serbatoi strutturali. Soprattutto in barche veloci, dove il dislocamento complessivo gioca un ruolo fondamentale per le prestazioni, l'aggiunta di serbatoi di grosse dimensioni può influire negativamente. In alcuni casi quindi si abolisce totalmente l'utilizzo di casse esterne alloggiare all'interno dell'imbarcazione, bensì le strutture vengono preventivamente progettate e sagomate per ospitare il fabbisogno di carburante. Le casse risultano comunicanti tramite fori di passaggio tra un madiere e l'altro e tra i paramezzali, assicurando ugualmente una corretta distribuzione dei pesi. Diventa fondamentale la qualità della laminazione e della stagnazione delle strutture interne. Se calano i pesi e le componenti installate a bordo, aumentano però le difficoltà relative alla sostituzione di pezzi, all'ispezione e soprattutto alla bonifica in funzione di un futuro smaltimento.

- **Idroguidi e cablaggi**

Ovviamente all'interno dell'apparato propulsivo rientrano una serie di extra necessari al funzionamento e al corretto dialogo tra le varie componenti. Si passa quindi alla posa delle idroguidi per il sistema sterzante, come del condotto oleodinamico dei trim, dei flap e dell'acceleratore. (Fig. 52)

Come anticipato in precedenza, viene preso in considerazione il caso più critico. In un natante di piccole dimensioni infatti, possiamo non avere un impianto sterzante idraulico bensì tramite cavi, come anche il collegamento dell'acceleratore; non vi è necessariamente la presenza di flap ed il trim con il suo circuito oleodinamico è incluso nel fuoribordo. Altro fattore



Fig. 52

determinante è l'anno di costruzione dell'unità: il comfort a bordo e la semplicità di conduzione di un'unità sono fattori determinati nel mercato attuale, al punto che nella grande maggioranza dei casi anche un tender di piccole dimensioni costruito nel 2020 presenta un'idroguida ed il cambio elettronico. (Figg. 53, 54, 55)



Fig. 53



Fig. 54



Fig. 55

Ottone
Acciaio Inox

L'attuatore dell'idroguida è tendenzialmente in ottone con il cilindro in acciaio inox. Le guarnizioni sono siliconiche, anche se più raramente possiamo trovarle in Neoprene. Il corpo delle pompe invece è in acciaio, mentre i tubi possono variare in base alla portata e alla pressione. Possiamo avere differenti tipologie di tubature principali:

- **Tubi trecciati:** questi tubi sono adatti sia a circuiti a medio-basse intensità (come tubi di ritorno) sia per linee ad alta pressione. Presentano un sottostrato di gomma sintetica, più frequentemente in PEX o PTFE resistente agli olii, una o due trecce di acciaio ad alto carico ed infine è possibile trovare un ulteriore strato di copertura gommata resistente agli olii ed agli agenti atmosferici.



Fig. 56

- **Tubi spiralati:** adatti principalmente a circuiti ad elevata intensità, hanno un sottostrato in PEX o NBR, da due a quattro spirali in acciaio ad alto carico ed infine un rivestimento in gomma CR. A volte all'interno dei tubi spiralati si possono trovare delle cordicelle di rame antistatiche.



Fig. 57

- **Tubi a maglia retata:** abbiamo anche tipologie a reti più o meno fitte, ma sono meno performanti. Esistono altre tipologie di tubature ma a bassa pressione, principalmente troviamo i vari tubi in



Fig. 58

PEX
PTFE

PEX
NBR
CR
Rame (Cu)

Poliammide
 Poliestere
 Poliuretano
 Polietilene
 PTFE

termoplastici estrusi senza rinforzo. A seconda del composto chimico che devono contenere, troviamo tubature in Poliammide, Poliestere, Poliuretano, Polietilene e PTFE.

Come anticipato in precedenza, in questa fase avviene anche la stesura dell'impianto elettrico. I cavi, progettati e tagliati in precedenza, vengono disposti lungonave per poi diramarsi dove necessario. Lo studio delle canaline è fondamentale per avere un impianto elettrico ordinato e di facile manutenzione, poiché parliamo di Km di cavi elettrici su ogni unità.

(Figg. 59, 60)



Fig. 59



Fig. 60



Fig. 61

I cablaggi delle imbarcazioni maggiori vengono fissati su appositi supporti in acciaio o in plastica tramite fascette stringicavo in PA 6.6 o in PP. Nel caso di fasci minori invece vengono raggruppati in tubi contenitivi detti corrugati o cavodotti in Polipropilene o Nylon. (Fig. 61, 61.1, 62) Dove sarà necessario attendere la posa di altre porzioni di impianto elettrico, si termina il fascio con dei box di giunzione oppure dei connettori a tenuta stagna. (Fig. 63)



Fig. 61.1



Fig. 63



Fig. 62

PA 6.6
 Acciaio
 Polipropilene
 Nylon

Rame (Cu)

*Gomme etilenpropilica
miscelata a gomma
siliconica
PVC
PE*

*Elastomero
termoplastico TPE-E
Gomma
termoplastica TPE-O*

EPDM 80Sh a

*Acciaio Inox
Acciaio al Carbonio
Rame (Cu)
CuNiFe
(lega Cupronichel)
ABS*

I normali cavi elettrici sono formati da tre componenti, il conduttore, l'isolante e la guaina protettiva. La grande maggioranza utilizza come materiale conduttore il rame, ma esistono più isolanti che a loro volta possono avere differenti tipologie di guaine protettive.

Per quanto riguarda l'isolamento, possiamo dividere i cavi elettrici in:

- Isolati con materiale elastomerico: in questo caso l'isolamento è una miscela che abbina gomme naturali a gomme sintetiche, principalmente quella etilenpropilenica e quella siliconica;
- Isolato con materiali termoplastici: PVC o PE;
- Isolati tramite "isolamento minerale": si utilizza l'ossido di magnesio per ottenere cavi elettrici ignifughi;
- Isolati con carta impregnata;

Per quanto riguarda le guaine protettive invece, i più comuni sono i cavi elettrici in polietilene, avendo tra i vari vantaggi un'ottima tenuta all'acqua, e quelli rivestiti in PVC.

Possiamo poi trovare guaine derivanti da mescole, ad esempio formate dall'elastomero termoplastico a base poliestere TPE-E, oppure in gomma termoplastica TPE-O.

In contemporanea vengono posati i circuiti dell'acqua con le relative valvole in ottone o acciaio inox e guaine in silicone. Come per le condotte oleodinamiche, possiamo fare una distinzione tra i tubi in PVC o PE utilizzati per tubi per l'acqua fredda e in tubi rinforzati (intrecciati, spiralati, reticolati) sempre in PVC per l'acqua calda. Le migliori guarnizioni in circuiti con acqua calda sono quelle in EPDM 80 Sh a.

I raccordi invece possono essere in Acciaio Inox, Acciaio al Carbonio, Rame e CuNiFe (lega Cupronichel- ideale per installazioni a contatto con acqua di mare). Le valvole sono in acciaio inox o in ABS.

I serbatoi (con i relativi circuiti) dell'impianto idrico di un'unità da diporto si suddividono in acque bianche, acque grigie ed acque nere.

- **Acque nere:** generalmente provenienti dal sistema fognario, comprendono acque non trattate e liquami non depurati contenenti fibre, frammenti tessili, corpi solidi in sospensioni e materiale fecale;
- **Acque grigie:** acque derivanti dallo scarico delle utenze, escluso il wc. In questo caso vengono raccolte acque contenenti detersivi ed altre sostanze inquinanti;
- **Acque bianche:** acque pulite, in circuito adatto all'utilizzo di acqua potabile;

Le unità da diporto, soprattutto di dimensioni contenute, spesso unificano lo scarico delle acque grigie a quello delle acque nere. Inoltre non è sempre stato obbligatoria la presenza di casse delle acque nere a bordo, in Italia ad esempio la normativa è stata formalizzata nel Gennaio 2018, secondo la

PE

direttiva europea 2013/53/UE allegato I, parte A, punto 5.8.

La maggior parte dei serbatoi per le acque nere è in Polietilene, ed è accompagnato da un maceratore e nelle unità maggiori di un depuratore. (Fig. 64)



Fig. 64

Ottone (Cu + Zn)

Rame (Cu)

Nel caso di unità aventi a bordo un circuito del gas, vengono predisposte le relative condotte che possono essere in ottone o in rame, con giunti flessibili in acciaio inox.

È possibile anche trovare già in unità non troppo grandi la presenza di un impianto di climatizzazione.

In questo caso le pompe di calore dette fan coil, che altro non sono che dei ventilconvettori, pompano l'aria in tubature apposite.

Le più economiche sono in semplice poliuretano sia rinforzato che non, mentre quelle maggiormente coibentate sono in multistrati di alluminio con resina poliestere supportati da una spirale di acciaio.

(Fig. 65)



Fig. 65

È doveroso aggiungere a titolo informativo la possibile presenza di ulteriori impianti di bordo, quali generatori, boiler, dissalatori, depuratori, stabilizzatori giroscopici, bow/stern thruster, pompe di sentina e sistemi anti-incendio. Nel caso di questi impianti, non aggiungiamo materiali alla lista, inoltre in funzione dello studio sperimentale del Volume 2 si dà per scontato lo sbarco delle apparecchiature prima della demolizione dell'imbarcazione.

3.4.4 Isolamento termico e isolamento acustico

Man mano che aumentano le dimensioni delle imbarcazioni, o più correttamente la loro qualità (non necessariamente correlata alla lunghezza, anche se spesso i due valori sono direttamente proporzionali) accresce l'esigenza di raggiungere determinati standard di comfort a bordo. L'obiettivo principale in termini di comfort è quello di poter vantare ambienti accoglienti, dove le vibrazioni siano ridotte al minimo, come anche l'isolamento termico e quello acustico.

Per questo motivo la stampata viene coibentata all'interno con l'ausilio di appositi materiali isolanti, come anche ogni altra superficie che sia a contatto l'esterno o tutte le paratie, i calpestii o i ciellini che separano gli ambienti di vita di bordo da quelli tecnici.

Isolamento termico

Nelle unità minori viene utilizzata principalmente la schiuma poliuretanica a cellula chiusa poiché è molto economica. (Fig. 66)

Oltre ad avere buone proprietà termoisolanti, garantisce una riserva di galleggiamento alla barca in caso di falla, mantenendola a galla.

Schiuma poliuretanica

*Polistirolo espanso
Polistirene*

EPDM

Neoprene espanso

Warofoam FR

IMATT



Fig. 66



Fig. 67

Restando su materiali economici, troviamo ampiamente utilizzati anche i pannelli estrusi di polistirolo espanso o di polistirene. Sono semplici da sagomare ed incollare ma, essendo rigidi, sono sfruttati più per superfici piane che per quelle tonde. Questi pannelli sono molto leggeri e immarcescibili ma non garantiscono una riserva di galleggiamento.

Un'altra tecnica molto utilizzata soprattutto per superfici complesse è l'utilizzo di rotoli di EPDM a cellule chiuse (dall'inglese Ethylene-Propylene Diene Monomer). Utilizzati allo stesso modo sono i pannelli di neoprene espanso a cellule chiuse, che tra i vari vantaggi è un ottimo ritardante di fiamma. (Fig. 67)

Passando invece a pannelli più complessi ed efficaci (e costosi) troviamo vari esempi di multistrato.

Un esempio particolarmente efficace sono i pannelli di Warofoam FR, composti dalla schiumatura di resine melamminiche o fenoliche abbinate a tranciati di roving di vetro di rinforzo.

Con la stessa tecnica di schiumatura, possiamo trovare però pannelli rinforzati con agglomerati di sughero o con gomme sintetiche. (Fig. 68)

Esistono i pannelli flessibili IMATT, creati da feltro derivato da tessuti di vetro

rivestito da strati di fibra di vetro aluminizzata non combustibile. (Fig. 69)
Molto spesso, specie nelle imbarcazioni più grandi, si utilizzano tele di poliestere spesse fino a 50 mm rivestite da due superfici in alluminio. (Fig. 70)



Fig. 68



Fig. 69



Fig. 70

Isolamento acustico

Poliuretano espanso

Per il solo abbattimento del rumore invece ci si basa su pannelli fonoassorbenti in poliuretano espanso ad una densità di circa 25 Kg/m^3 . Per questioni di acustica, la superficie rivolta verso la fonte di rumore viene trattata con una finitura ondulata detta anche “bugnata” (Fig. 71), oppure con una detta “piramidale” (Fig. 72).



Fig. 71



Fig. 72

Cellofoam

Un'altra tipologia più economica di pannelli fonoassorbenti sono quelli in schiuma bianca, chiamati Cellofoam, anch'essi con una densità molto bassa, intorno ai 32 Kg/m^3 .

Pannelli fono/termo isolanti

Nella realtà per questioni di semplicità di costruzione e di risparmio di spazio/peso, si predilige nella grande maggioranza dei casi quelle tipologie di pannelli o rivestimenti che riescano a garantire contemporaneamente sia la protezione acustica che quella termica.

La soluzione più economica nonché scelta comune di molti cantieri nei primi periodi di costruzione in vetroresina era l'utilizzo di pannelli di sughero. Essi hanno il vantaggio di pesare poco ed essere facilmente reperibili a prezzi modesti, di contro tendono ad assorbire l'umidità e a lungo termine deperiscono con più facilità, al contrario dei materiali polimerici. Come già appurato in altre fasi, le prestazioni migliori si ottengono dall'accoppiamento di più materiali per

sfruttare le diverse qualità di essi.

EPDM

Un esempio sono i pannelli formati tramite l'accoppiamento di due strati di resina poliestere autoestinguente, con all'interno una lastra polimerica EPDM (solitamente da 2 mm). La superficie a vista di questi pannelli è solitamente in tessuto di fibre di vetro. (Figg. 73, 74)



Fig. 73

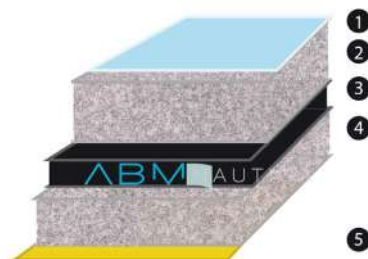


Fig. 74

Tra i più utilizzati in questa categoria troviamo i tessuti trapuntati con un'imbottitura di inserti in piombo, rivestiti da vibra di vetro aluminizzata. (Figg. 75, 76)

Piombo
Alluminio



Fig. 75



Fig. 76

Troviamo i pannelli con inserti in gomma pesante rivestiti da fibre di Poliestere con protezione in tessuto di fibra di vetro imputrescibile.

Ognuna di queste tipologie di pannelli o tessuti viene applicata direttamente sulla vetroresina tramite speciali film adesivi oppure collanti come siliconi strutturali oppure resina (solitamente fenolica).

Uno dei metodi più utilizzati, derivante invece dalla costruzione in ferro, prevede l'ausilio di arpioni fissati a scafo e cielino che trapassano il/i pannelli e vengono semplicemente piegati per mantenerli in posizione. (Figg. 77, 78)



Fig. 77



Fig. 78

3.4.5 Intelaiatura strutturale e posizionamento del grezzo

In una qualsiasi imbarcazione open (senza interni), che sia essa a vela oppure a motore, in seguito alla posa degli impianti si può procedere alla chiusura della coperta. (Figg. 79, 80)



Fig. 79



Fig. 80

Al contrario, per le unità cabinate essa è un'operazione sconsigliata in questa fase in quanto il posizionamento di macro-elementi strutturali e/o di arredo è un processo molto semplificato se fatto a scafo ancora aperto. (Figg. 81, 82)



Fig. 81



Fig. 82

Seguendo la logica adottata fino ad ora, si prosegue considerando il caso più critico e complesso a livello di numero di materiali che entrano in gioco, ovvero quelle imbarcazioni cabinate con calpestio flottante antivibrazioni. In unità di piccole dimensioni infatti non c'è un vero e proprio telaio strutturale ma solamente delle centine in compensato marino poste tra struttura e struttura su cui poi poggierà il calpestio.

Il primo passaggio comprende il posizionamento di un frame strutturale in acciaio o alluminio che viene imbullonato alle strutture dello scafo.

Sopra di esso viene creato tramite profili ad "L" l'alloggio per i pannelli di grezzo, la base su cui verrà poi installato il calpestio finito.

Tra gli strati che formano il grezzo e la culla in acciaio/alluminio viene interposto uno strato di gomma morbida per motivi di smorzamento delle vibrazioni e maggior aderenza. Lo scopo principale della creazione di uno strato di grezzo sotto al calpestio finito (o sopra al cielino) è principalmente per isolare ulteriormente gli ambienti interni dal doppiofondo, oltre che per livellare il calpestio, dandogli una solida base di appoggio.

Alluminio

*Compensato di Okumè
Honeycomb di alluminio*

Una volta posizionata la guaina antivibrazione, si appoggiano i pannelli di isolanti visti nel paragrafo precedente.

Al di sopra, il grezzo si conclude uno di strato rigido che può essere di varia natura.

Troviamo infatti, nelle imbarcazioni più piccole o più datate, dei fogli in compensato marino, mentre i più prestazionali o attualmente usati sono dei sandwich in honeycomb di alluminio. (Figg. 83, 84)



Fig. 83



Fig. 84

*Isophon
Okumè marino
Sughergomma*

Una versione più moderna ed economica di pannelli di grezzo sono quelli composti in Isophon, un pannello molto leggero con un'ottima fonoassorbenza. Questo multistrato è composto da due pelli esterne in Okumè marino con un'anima di sughergomma ad alta densità (650 kg/m^3 - 780 kg/m^3 - 950 kg/m^3) incollate con una colla melamminica.

Durante questa fase vengono anche posizionate le paratie non strutturali di separazione degli ambienti interni. Come per il calpestio, le paratie presentano un'anima interna portante ed isolante (grezzo) alla quale nelle fasi successive si incollerà il layer finale.

Queste paratie sono fissate al frame strutturale tramite imbullonaggio mentre invece a scafo vengono fazzolettate con fogli di MAT.

Anche in questo caso, in unità ridotte o datate troviamo fogli di compensato marino, mentre in quelle di ultima generazione troviamo dei compositi multistrato ad alto potere isolante. Questi pannelli, marchio registrato chiamato LARIPHON® LARICROSS®, presentano entrambe le facce in LARIPHON® (compensato in Okoumé e inserto in sughergomma ad alta densità) e struttura interna reticolare a cella piena in STYROFOAM®.

*LARIPHON®
LARICROSS®
STYROFOAM®*

Nelle imbarcazioni più grosse viene sfruttato il concetto di intelaiatura anche nella sala macchine. (Fig. 85)



Fig. 85

Grazie a queste strutture è possibile portare i vari impianti in bolla con il galleggiamento per un funzionamento ottimale, spesso interponendo dei silent-block antivibranti per ridurre le sollecitazioni che potrebbero comprometterne un corretto funzionamento. Inoltre, nonostante gli strati di materiale isolante, tutto ciò che è presente nel doppio fondo, quindi al di sotto del galleggiamento, è soggetto a forte umidità ed il distacco dallo scafo ne facilita la prevenzione.

Al contrario, nelle imbarcazioni più piccole non si utilizza alcun tipo di intelaiatura per quanto riguarda le paratie che invece scaricano tutte in chiglia per dare una maggior rigidità all'elaborato finito. In questo caso l'anima o il pannello vengono direttamente appoggiati e laminati a scafo con almeno una contro-fazzolettatura sul perimetro o completamente. (Figg. 86, 87)



Fig. 86



Fig. 87

PVC

In questi casi spesso non esiste un pavimento del doppio fondo o delle sentine, salvo in rare occasioni. Ad esempio alcuni progetti prevedono la chiusura del volume interposto tra due o più madieri per creare una riserva di galleggiamento o un compartimento stagno che in caso di falla limiti il danno, consentendo all'unità di rimanere a galla. In questo caso i pavimenti strutturali sono dei pannelli in PVC contro-laminati oppure in sandwich con compensato marino o honeycomb. Per assicurare la tenuta stagna vengono preventivamente laminati i madieri a cui successivamente verranno saldati i pannelli di pavimento strutturale. Chiaramente non è possibile rendere stagno tutto il doppiofondo, a cui bisogna assicurare l'ispezione in specifiche posizioni e permettere il controllo e la manutenzione delle varie componenti. Per questo motivo vengono ritagliate delle asole di ispezione che vengono tappate con un coperchio a filo. (Figg. 88, 89)



Fig. 88



Fig. 89

ABS
Acciaio Inox

In questa fase si posano sul grezzo tutte le vasche di raccolta degli ombrinali oppure i piatti doccia.

Come sempre dobbiamo fare una distinzione a seconda della tipologia di imbarcazione. Un'unità dalle dimensioni ridotte oppure dalle finiture più economiche infatti non necessariamente avrà rivestimenti (specialmente in bagno) né un vero piatto doccia, ma semplicemente troveremo a calpestio una piletta di scarico da raccordare agli impianti di scarico predisposti in precedenza. Queste pilette possono essere o in materiale plastico, solitamente ABS, o in acciaio inox. (Figg. 90, 91)



Fig. 90



Fig. 91

Al contrario altre unità più curate presentano un vero e proprio piatto doccia, che viene incollato al grezzo tramite silicone strutturale.

In molti casi i piatti doccia sono in vetroresina, ma non è raro trovare versioni più elaborate ed esteticamente rifinite.

Ceramica

Una scelta più classica ma che talvolta viene riproposta è la soluzione del piatto doccia in ceramica. Essendo un materiale facilmente soggetto a crepe, nonostante il tentativo di smorzare le vibrazioni o i colpi, resta una scelta poco pratica specie per le unità plananti o comunque che possono subire più frequentemente colpi di mare.

ABS acrilico

Più moderni e più economici sono i piatti doccia in ABS acrilico.

Tra i materiali migliori in termini di scelta della forma, peso e grado di finitura abbiamo poi i piatti doccia interamente in resina poliestere.

Gres porcellanato

Un altro materiale possibile è il Gres porcellanato. Il Gres si ottiene dalla la sinterizzazione tramite cottura di un macinato costituito da sabbia, argille ceramiche ed altre materie prime che vengono precedentemente pressate. Il risultato presenta un effetto marmorizzato che può essere smaltato o lasciato al naturale.

Chiaramente possiamo trovare scelte estetiche diversificate, soprattutto quando oltre ad una certa dimensione le imbarcazioni diventano ampiamente customizzabili. Possiamo trovare lastre di ardesia, marmi o altre pietre, ovviamente in versione alleggerita con honeycomb, come vedremo successivamente nel paragrafo che tratta dei rivestimenti.

3.4.6 Giunzione scafo-coperta- sovrastutture

Consideriamo l'imbarcazione come una noce: lo scafo e la coperta sono le due porzioni saldamente unite che creano il guscio esterno, l'involucro strutturale nonché strato protettivo. All'interno dei due endocarpi che costituiscono il guscio troviamo la pellicola protettiva che separa (coibenta ed isola) il cuore della noce detto gheriglio, parte commestibile. Affinché il gheriglio si conservi correttamente e si mantenga integro è necessario un corretto isolamento da agenti esterni ma, soprattutto, una chiusura ermetica del guscio che non lasci penetrare parassiti. L'analogia tra una noce ed un'unità da diporto prosegue se si pensa alla fase di apertura di essa, un procedimento distruttivo che non prevede la reversibilità, argomento di cui tratteremo successivamente.

Ora che gli ambienti interni sono stati confinati dalle paratie strutturali, così come dai setti di separazione verticale non strutturali, ed il doppio fondo è stato completato e coperto tramite la posa del calpestio grezzo, si può passare alle successive fasi di allestimento.

Esistono due strategie opposte tra loro:

- La prima prevede l'allestimento "a cielo aperto" degli interni in contemporanea alla coperta, per poi assemblare le due macro-componenti e sigillare l'oggetto finito che necessita solo delle ultime finiture.
- La seconda invece suggerisce di giuntare subito la coperta e le possibili sovrastrutture allo scafo in modo da chiudere definitivamente gli ambienti e proseguire con l'allestimento senza dover più trattare con la vetroresina se non per una lucidatura finale.

Solitamente per le unità più complesse si predilige il secondo caso, ovvero di ultimare tutto ciò che concerne l'involucro in composito prima di cominciare l'allestimento.

Gelcoat

Principalmente i motivi sono due; le imbarcazioni di dimensioni maggiori vengono verniciate a spruzzo sopra al Gelcoat, operazione da concludere prima di iniziare l'allestimento dei vari deck per ovvi motivi di praticità mentre nelle unità più piccole o economiche invece il gelcoat ha già presente al suo interno dei pigmenti di colore. Il secondo motivo è per la quantità di impianti presenti a bordo: riuscire a progettare preventivamente gli attacchi di ogni singolo impianto moltiplicato per tutti i ponti è un'operazione progettuale davvero complessa. Un'imbarcazione di 24 metri costruita in composito può tranquillamente presentare un lower-deck, un main-deck, un upper-deck ed in alcuni casi anche un flybridge. Ogni ponte è attraversato dai circuiti di acqua calda e acqua fredda, dai cablaggi per la corrente elettrica o segnali radio/gps/audio-video, dalle condotte idrauliche e dai possibili circuiti oleodinamici, dagli scarichi e dai plenum dell'aria condizionata e, se presente, della ventilazione artificiale.

Non per questo è impossibile trovare esempi di cantieri che, al contrario di quanto affermato, costruiscono "a cielo aperto" imbarcazioni da diporto di dimensioni maggiori. I vantaggi offerti si misurano principalmente in termini di tempistiche di consegna poiché si possono anticipare le fasi di allestimento interno già

da prima che arrivi in cantiere la stampata dello scafo. Inoltre offre la possibilità di accorciare ulteriormente i tempi grazie alla preventiva preparazione e stoccaggio di intere porzioni che dovranno solamente essere calate ed installate a bordo. Nei casi più semplici possiamo avere dei singoli arredi pronti per l'installazione, ma spesso questa logica viene applicata ad interi ambienti prefabbricati, come ad esempio i moduli-bagno.

(Figg. 92, 93)



Fig. 92



Fig. 93

Alcuni cantieri hanno portato all'estremo questo concetto industrializzando imbarcazioni i cui interni sono interamente assemblati all'esterno dello scafo. Chiaramente questo metodo pone vincoli maggiori rispetto ad una costruzione standard, limitando in particolare la libertà di customizzazione del layout. Precursore di questa linea di produzione così differente è il cantiere Monte Carlo Yachts, con sede a Monfalcone.

MCY produce imbarcazioni dai 66 ai 105 piedi sfruttando per tutte la medesima strategia costruttiva:

Gli interni vengono completamente assemblati all'esterno del guscio in composito grazie ad un'intelaiatura strutturale sagomata per sposarsi perfettamente alle geometrie interne dello scafo. Mentre la falegnameria procede con l'allestimento del modulo-interni, si procede alla stampata dello scafo, alla posa degli impianti e della sala macchine contemporaneamente alla stampata e all'allestimento della coperta con le relative sovrastrutture.

Una volta completate le tre macro-porzioni, gli interni vengono calati all'interno dello scafo, dove sarà necessario procedere con il "semplice" allaccio tra gli impianti preventivamente posizionati, per poi sigillare il tutto con la posa della coperta.

(Figg. 94, 95, 96, 97, 98, 99)



Fig. 94



Fig. 95



Fig. 96



Fig. 97



Fig. 98



Fig. 99

Come evidenziato in precedenza, questa strategia non permette alti margini di errore in fase di progettazione poiché non sono ammissibili discrepanze tra gli allacci e soprattutto tra le flange di contatto del composito nelle fasi di chiusura dello scafo con la coperta. Inoltre la verniciatura dello scafo in questa tipologia di assemblaggio avviene alla fine del processo per non rischiare di rovinare la finitura esterna nel processo di chiusura della coperta, di sigillo della falchetta e posizionamento del bottazzo.

La grande maggioranza dei cantieri opta invece per terminare l'assemblaggio delle porzioni in vetroresina e le operazioni di carrozzeria prima di iniziare l'allestimento interno. Questo processo è più semplice e necessita di meno attenzioni nelle fasi di progettazione, nonostante implichi la necessità di installare componenti che devono obbligatoriamente passare attraverso i varchi delle porte, non avendo più la possibilità di calarli dall'alto. È importante considerare che la luce netta delle porte in barca è minore rispetto alle porte utilizzate in edilizia; nelle imbarcazioni maggiori possiamo avere una luce netta di 650 mm (senza il telaio aumenta fino a 700 mm) sino ad arrivare tranquillamente a passaggi di 450 mm in unità minori.

A prescindere dall'ordine delle fasi di costruzione, resta fondamentale la bontà della giunzione tra lo scafo e la coperta, oltre che della coperta con le sovrastrutture.

Ovviamente anno dopo anno si sono sviluppate le tecniche costruttive, i materiali utilizzati si sono evoluti e l'esperienza ha permesso di raggiungere valori ottimali di G_c (rapporto fra il peso delle fibre di rinforzo e il peso della resina per unità di composito), mentre invece la chiusura dello scafo e della coperta avviene all'incirca sempre nello stesso modo da decenni. Importanti sono le fasi di pulizia e preparazione, quando si rimuovono le sbavature e gli eccessi. Si procede a molare le flange in modo da rimuovere residui di Gelcoat o altri materiali indesiderati che potrebbero ritardare o peggiorare il grip tra le due superfici. (Fig. 100)

Di base è importante avere due flange piane che si appoggiano a contatto tra loro sormontandosi l'una con l'altra, per poi essere giuntate tramite differenti modalità che possono essere ricondotte a tre categorie: giunzioni di tipo meccanico, giunzioni per incollaggio/nastratura e giunzioni miste. (Figg. 101, 102)

Solitamente nelle imbarcazioni/natanti dalle dimensioni più contenute si predilige una giunzione meccanica tramite rivettatura o imbullonaggio (giunzione meccanica). Nelle unità più datate era consuetudine controlaminare dall'interno la giunzione



Fig. 100



Fig. 101



Fig. 102

aggiungendo diversi strati di MAT o Biassiale, con l'idea di migliorarne la tenuta stagna e rendere più solidale l'intera giunzione. In questo caso si tratta di una giunzione mista ed ovviamente aumentano le interferenze e le contaminazioni tra materiali, senza aumentare realmente le capacità finali del manufatto se non da un punto di vista di sigillo da ipotetiche infiltrazioni. (Figg. 103, 104)



Fig. 103



Fig. 104

Man mano che aumentano le dimensioni delle imbarcazioni accresce proporzionalmente la cura nei dettagli e la ricerca di finiture sempre più eleganti che camuffino i punti di giunzione, considerati come inestetismi. Per questo motivo, oltre che per una maggior solidità strutturale e distribuzione degli sforzi, si passa a giunzioni tramite incollaggio per mezzo di adesivi strutturali oppure per laminazione.

Introducendo gli adesivi strutturali, si possono definire come paste (a volte possiamo trovarli sotto forma di film) monocomponenti o bicomponenti che, per definizione, si legano alla struttura del materiale a contatto, diventandone parte integrante. Sono a base di resine modificate, tendenzialmente di base acrilica (non utilizzati nella nautica), epossidica, poliuretanica o siliconica.

Adesivi poliuretanici

Tra i più economici troviamo gli adesivi poliuretanici, che però non resistono all'esposizione solare e soffrono l'umidità persistente, quindi non sono consigliati per il campo nautico, anche se talvolta possiamo ritrovarli in alcuni allestimenti interni.

Collanti epossidici

Per gli esterni invece si predilige l'utilizzo di collanti epossidici che, nonostante siano più rigidi e quindi tendano ad assorbire meno le vibrazioni, sono particolarmente resistenti agli agenti atmosferici.

Adesivi siliconici

Gli adesivi a base siliconica invece sono molto utilizzati all'esterno, specialmente per l'incollaggio di vetri/polycarbonati/plexiglass/cristalli poiché offrono un alto grado di flessione, una buona durezza all'esterno e un ottimo potere sigillante.

Esiste poi un'altra famiglia di appartenenza relativamente recente, gli adesivi ibridi. Essi sono considerati adesivi strutturali universali dato il loro alto grado di adattamento a quasi ogni superficie e combinano due tecnologie insieme: la resistenza e la tenacità delle resine epossidiche alla velocità di presa dei cosiddetti "adesivi istantanei" per una rapidità di posa che, pur non lasciando margini ad errori, garantisce un'uniformità di incollaggio maggiore.

Nonostante gli adesivi strutturali siano più costosi (costo/materiale) rispetto ad

una semplice rivettatura o imbullonaggio, presentano notevoli vantaggi tra cui la riduzione sostanziale delle tempistiche di posa, il che porta ad un risparmio economico in termini di costi di manodopera, oltre ad essere un metodo relativamente semplice che non necessita di particolari abilità o strumenti. I vantaggi non si limitano a fattori logistici ed economici, ma apportano al manufatto anche dei pregi a livello meccanico. Considerando il caso di due componenti avvitate o rivettate, gli sforzi a cui sono sollecitati si concentrano sulla vite, facilitando la creazione di crepe e delaminazioni; al contrario se le componenti sono legate tramite adesivi strutturali gli sforzi si distribuiscono uniformemente su tutta la superficie di contatto, smorzando inoltre le vibrazioni. (Figg. 105, 106)



Fig. 105



Fig. 106

Un altro metodo che non prevede l'utilizzo di bulloni o rivettature passanti è la nastratura, o laminazione a nastro. Come suggerisce il nome, si utilizza nuovamente la vetroresina come strategia di giunzione. Possono esserci più tecniche di sovrapposizione o accostamento delle flange da saldare, a seconda della tipologia di unità, della tecnologia di stampaggio e della finitura richiesta. È utile premettere che la nastratura viene preferita principalmente per quelle unità ancora grezze, non verniciate, poiché è un'operazione che, una volta completata, necessita di un lavoro di carrozzeria con stucco, gelcoat e, occasionalmente, di una successiva verniciatura. È un'operazione molto più lunga del semplice incollaggio ma che permette di nascondere al 100% il punto di giunzione, fondendo sia a livello meccanico che a livello visivo le due componenti giuntate. Per questo motivo viene largamente utilizzata in imbarcazioni di lusso di grandi dimensioni, mentre non viene quasi considerata per le unità minori che invece prediligono le giunzioni meccaniche.

Solitamente l'operazione di nastratura è preceduta da un pre incollaggio utile al solo scopo di mantenere in posizione le componenti durante il processo, ma può anche avvenire per mezzo di un reale adesivo strutturale ed in tal caso rientra nelle tecniche di giunzione mista.

La nastratura avviene sempre sulla faccia esterna e, quando possibile, anche dall'interno. Nel caso più comune si procede con l'accostamento ed il parziale sormonto di due flange di composito una sull'altra con interposto il collante o l'adesivo strutturale; successivamente si passa alla laminazione interna (se possibile) utilizzando delle stuoie biassiali. Nel caso di spigoli vivi spesso viene creato un arrotondamento in PVC per tenere in aderenza il tessuto. All'esterno

PVC

invece si procede con la laminazione di 2 o più strati di MAT.

Successivamente si passa, quando necessario, alla fase di stuccatura per livellare possibili cattivi avviamenti della superficie, oppure alla semplice stesura del Gelcoat se non sono presenti dislivelli sensibili.

Nella media dei cantieri intervistati che costruiscono unità superiori ai 24 metri, un fattore che determina la scelta tra una laminazione a nastro oppure una rivettatura è l'orientamento della giunzione. Nella quasi totalità dei casi se la giunzione è posta in orizzontale si predilige la giunzione per nastratura in composito, se invece è posizionata in verticale si preferisce mantenere una giunzione meccanica tramite rivetti o, più frequentemente, una giunzione mista che somma la rivettatura all'interposizione di un adesivo strutturale tra le flange di contatto.

Di norma il punto di giunzione tra lo scafo e la coperta è ben visibile dall'esterno, salvo in particolari lavori di carrozzeria destinati a imbarcazioni più raffinate. Per questo motivo viene spesso cercato di camuffare tramite l'inserimento di elementi esterni alla giunzione che possono assumere una funzione di protezione o solamente per un fattore estetico.

Nel caso di unità a vela il punto di innesto della coperta con scafo è sulla falchetta, la parte superiore delle murate.

In questo caso il dislivello che viene a crearsi viene utilizzato come punto di appoggio per un profilo in acciaio inox alleggerito che corre longitudinalmente all'unità ed ha una triplice funzione: oltre che nascondere e proteggere la

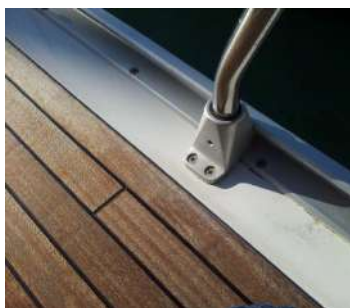


Fig. 107

giunzione funge da punto di innesto dei candelieri del tientibene e da semplice antirollio. (Fig. 107) Nelle imbarcazioni più recenti, specialmente di categoria più alta, la falchetta in acciaio inox viene sostituita da un profilo in legno. (Fig. 108)

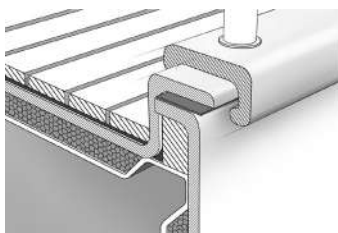


Fig. 108

Anche su alcune unità a motore la giunzione può avvenire lungo la falchetta, ma in realtà la maggior parte delle volte ciò non avviene. Se osserviamo una sezione trasversale tipo di un'imbarcazione a motore notiamo che spesso l'ultima porzione della murata è inclinata verso l'interno. (Fig. 109)

Se questa faccia facesse parte della stampata dello scafo, implicherebbe la creazione di un sottosquadra con dei carrelli speciali per poterla estrarre dallo stampo, aumentando drasticamente i costi di produzione. Al contrario la faccia inclinata solitamente viene stampata insieme alla coperta e perciò la linea di giunzione dalla falchetta si abbassa fino al punto di inversione dell'inclinazione.

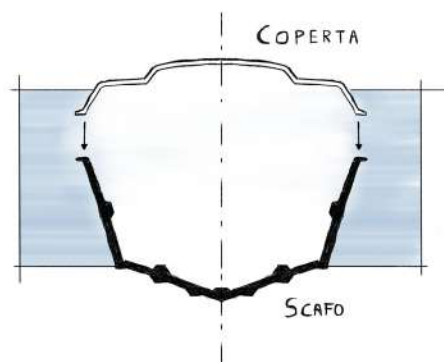


Fig. 109

Viene quindi introdotto un elemento chiamato bottazzo, un profilo in acciaio Inox che percorre l'intera giunzione, solitamente rivettato insieme allo scafo e alla coperta nel corso della giunzione tra i due elementi. Nella maggior parte dei casi questo profilo viene rivestito in PVC e assume una funzione di paraurti. A seconda della sovrapposizione verticale o orizzontale delle flange di incollaggio, il bottazzo può assumere differenti sezioni, delle quali le più comuni sono raffigurati nelle seguenti immagini.

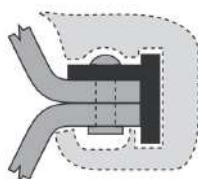


Fig. 110

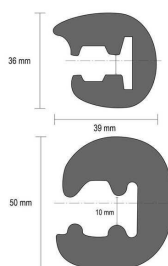


Fig. 111

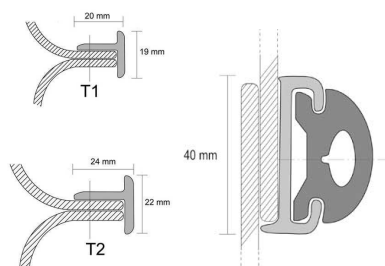


Fig. 112

Introduciamo ora un'altra tipologia di giunzione tra componenti in composito. È opportuno premettere che nell'introdurre il regolamento sulle lunghezze che determina l'appartenenza alle diverse classi (natante, imbarcazione o nave), non abbiamo specificato che con l'aumento di classe accrescono esponenzialmente anche gli oneri a cui un armatore deve andare incontro: aumentano le tassazioni, gli obblighi assicurativi, cambia la patente necessaria al comando dell'unità e si richiede l'adeguamento a normative sulla sicurezza sempre più restringenti. Per i cantieri quindi è sempre una scommessa l'introduzione sul mercato di unità leggermente al di sopra delle soglie di passaggio da una classe ad un'altra con il rischio che possa essere scartata non per il prezzo di acquisto ma per le spese di gestione.

Per questo motivo è ormai da svariati anni che si possono trovare nei nostri mari esempi di escamotage che i cantieri hanno imparato ad adottare per riuscire a recuperare scaltramente decine di centimetri o addirittura metri sulla lunghezza complessiva dell'unità, pur mantenendo la lunghezza di omologazione sotto ai limiti consentiti. Se analizziamo il regolamento infatti, si fa riferimento alla "lunghezza fuori tutto escluse le appendici" delle unità. Che cosa si intende però con appendici? Per definizione sono tutte quelle sporgenze posizionabili sia prua che a poppa che non sono strutturali, non necessarie alla stabilità

dell'unità e che sono quindi removibili.

In questo modo si può sfruttare al massimo la lunghezza di regolamento per gli spazi di vita di bordo ed eccedere con eventuali carter come delfiniere per nascondere l'ancora a prua (Fig. 113) oppure prolungamenti della spiaggetta di poppa (Fig. 114).



Fig. 113



Fig. 114

Si può osservare dalle immagini che deve essere visibile ad occhio nudo il punto di giunzione tra l'elemento aggiunto ed il corpo barca oppure non è considerabile valida e si paga l'intera lunghezza fuoritutto compresa l'appendice.

Come di consueto, nel caso delle unità maggiori le difficoltà aumentano, come aumentano anche i vincoli strutturali e le pretese della clientela.

Infatti se per i natanti al limite dei 10 metri si cerca di guadagnare decine di centimetri a coprire l'ancora e, nei casi più esasperati, 70-80 centimetri di spiaggetta a poppa, per le imbarcazioni sotto ai 24 metri si arriva a creare dei veri e propri tronconi di prua removibili grazie ai quali incontriamo imbarcazioni di 90/100 piedi considerate imbarcazioni da diporto e non navi da diporto.

(Figg. 115, 116)



Fig. 115



Fig. 116

Anche in questo caso la normativa non cambia: la giunzione deve essere visibile ed amovibile senza conseguenze sulla stabilità dell'imbarcazione. Inoltre in questo caso subentra un secondo vincolo: la paratia anticollisione. Infatti in qualsiasi unità è obbligatorio, in caso di impatto e conseguente danneggiamento della prua, avere una paratia stagna di emergenza che prende il nome di paratia anticollisione o paratia di collisione. La falsa prua può essere giuntata direttamente alla paratia anticollisione se questa è ad una distanza sufficiente dal fuoritutto dell'imbarcazione. La distanza di questa paratia dalla prua può variare da progetto a progetto e, nel caso in cui la falsa prua non raggiunga la paratia anticollisione, è necessaria l'introduzione di una seconda

paratia apposita per il fissaggio.

In ogni caso, dovendo essere una porzione ipoteticamente removibile, la giunzione non può essere fatta né tramite laminazione né incollaggio con adesivi strutturali.

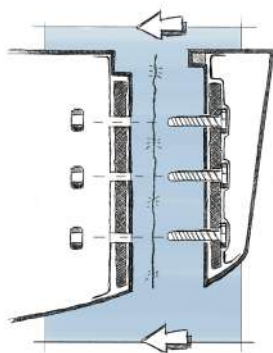


Fig. 117
un intervento invasivo. (Fig. 117)

Le paratie a contatto vengono rinforzate all'interno con un pannello di compensato marino, mentre tra loro viene interposto uno strato di silicone o collante non strutturale che impermeabilizzi la giunzione ma che soprattutto funga da smorzatore di vibrazioni. Le due porzioni vengono poi imbullonate l'una all'altra, solitamente con il dado rivolto verso poppa. Le teste del dado e del bullone vengono poi laminate con uno strato di MAT, a conferma che il tutto è solo un escamotage per bluffare i regolamenti ma che di per sé è impossibile rimuovere la giunzione senza

Se nel caso delle spiaggette di poppa solitamente la stampata aggiunta è solo quella della faccia superiore, ovvero la parte della coperta, mentre da sotto in realtà risulta un elemento scavato, (Fig. 118) nel caso dell'allungamento di



Fig. 118
invisibili a costo di molteplici stuccature e contro-laminazioni, al giorno d'oggi le cose sono nettamente cambiate.

prua la situazione è ben più complessa: infatti ci dovranno essere in totale quattro stampate che si uniscano tra loro perfettamente senza causare vibrazioni indesiderate o inestetismi. Lo scafo verrà giuntato alla falsa prua e successivamente verranno posizionate la coperta effettiva dell'unità e la porzione di coperta della falsa prua.

Anno dopo anno non cambiano solo le tecniche di costruzione o le tecnologie a disposizione, bensì mutano anche gli stilemi estetici e di vita di bordo che il pubblico si aspetta. Se un tempo la pulizia delle linee e l'avviamento delle superfici erano le prerogative per un buon progetto, dove le giunzioni dovevano essere

Il progettista è alla ricerca del compromesso tra funzionalità ed estetica al limite delle normative e, come è vero il detto "fare di necessità virtù", gli slanci di poppa sono diventati una scusa per creare eleganti accessi al mare, vere e proprie piattaforme immergibili per creare differenti situazioni a seconda della necessità. In questo modo si esalta la componente "aggiunta" che diventa un focus della vita di bordo e non una semplice appendice, qualcosa da mostrare e non da camuffare.

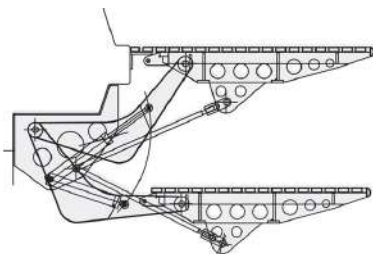


Fig. 119



Fig. 120



Fig. 121



Fig. 122

(Figg. 119, 120, 121, 122)

3.4.7 Imbonaggio

Una volta terminata l'impiantistica e posizionato il grezzo delle paratie e dei calpestii, iniziano le fasi vere e proprie di allestimento sia degli interni che degli esterni.



Fig. 123



Fig. 124



Fig. 125

Nel caso di unità di piccole dimensioni una buona parte degli arredi è strutturale; questo significa che determinate porzioni di essi sono già presenti nella scocca di vetroresina della stampata degli interni o della coperta. A seconda della tipologia di imbarcazione e delle scelte estetiche, possono poi essere rifiniti o rivestiti, ma anche lasciati grezzi poiché essendo stampati su un negativo, la finitura è già liscia con Gelcoat a vista pronto per la lucidatura.

(Fig. 123, 124, 125)

All'aumentare delle dimensioni aumentano gli standard estetici e di comfort, pretendendo un grado di finitura sempre maggiore. Se mettiamo a paragone gli interni di un natante con quelli di un'imbarcazione di piccole/medie dimensioni

ed una al limite dei 24 metri, notiamo subito come la vetroresina assume un'importanza ed una visibilità sempre minore man mano che aumenta la lunghezza delle unità.

Nella figura 126 vediamo gli interni di un natante cabinato di poco superiore ai 6 metri di lunghezza fuoritutto. Possiamo notare che gran parte degli interni



Fig. 126



Fig. 127

sono costituiti dalla controstampata in vetroresina su cui poi viene appoggiata la cuciniera. Lo stivaggio è costituito dall'accesso a gavoni ricavati nel doppiofondo tramite asole forate nella vetroresina. Le uniche componenti in legno sono le coperture amovibili, come ad esempio quella della tazza del wc nautico. Sono ancora leggibili in negativo le geometrie esterne dello scafo e della coperta. Lo stivaggio è costituito dall'accesso a gavoni ricavati nel doppiofondo tramite fori nella vetroresina.

Nella figura 127 possiamo vedere gli interni di un'imbarcazione di 14 metri, dove parte degli arredi viene ormai costruita dalla falegnameria. I rivestimenti e le essenze iniziano ad essere predominanti ma ancora possiamo notare la controstampata in vetroresina spuntare in alcune porzioni, come nell'alzata dei gradini. Le strutture sono visibili come è ancora ben visibile la geometria esterna anche inizia ad essere camuffata da qualche raddrizzamento presente sia a murata che nel cielino.



Fig. 128

l'ambiente e posizionato il grezzo, ogni arredo viene costruito dalla falegnameria. Ma come vengono sorretti gli arredi in barca? Come nascondere il passaggio dei cavi e degli impianti che salgono da un deck a quello superiore? Ovviamente ogni impianto deve essere accessibile per la manutenzione, per questo motivo la maggior parte delle pannellature e degli arredi deve essere removibile; chiaramente nulla può essere semplicemente appoggiato come in edilizia poiché l'oggetto barca, per quanto grande essa sia, è in continuo movimento.

Per questo motivo, come per il calpestio esiste un contro-calpestio strutturale grezzo, ogni rivestimento, ogni arredo, ogni pannellatura verticale o del cielino ha una struttura portante alleggerita a cui vengono fissati tramite differenti metodi di incastro.

Questa struttura viene chiamata **imbonaggio**. (Figg. 129, 130, 131)

L'imbonaggio è quasi sempre costituito da compensato marino e possiamo definirlo come l'insieme dei supporti "invisibili" che si adattano alle complesse geometrie dello scafo e che serviranno a sorreggere i rivestimenti e l'arredo.



Fig. 129



Fig. 130

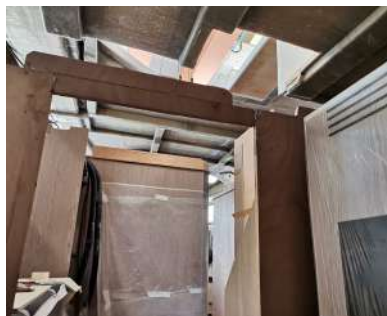


Fig. 131

Come si evince dalle immagini, l'imbonaggio a volte viene quasi "improvvisato", spesso utilizzando sfridi di produzione uniti tra loro per sopperire agli sprechi di materiale.

La struttura dell'imbonaggio, montata in loco dalla falegnameria, sale lungo le paratie e le murate, richiudendosi a cielino con un grigliato alleggerito sempre in compensato marino.

Questa struttura viene solitamente imbullonata alle strutture o alle paratie grezze, a volta incollata tramite adesivi strutturali, ma raramente. Nelle unità più grandi, per evitare la propagazione di vibrazioni, l'imbonaggio è dotato di supporti antivibranti sia per la struttura del calpestio, sia nell'aggancio tra un pannello verticale e l'altro, sia nella struttura che sosterrà il cielino.

Solitamente questi antivibranti sono in PVC oppure in acciaio zincato o in acciaio Inox, mentre le rondelle di smorzamento sono in gomme speciali che variano da 40 a 70 Sh A. (Figg. 132, 133, 134)



Fig. 132



Fig. 133



Fig. 134

Quando non viene utilizzato il compensato marino, si predilige l'uso di listelli di legno adatto all'esterno, principalmente legno di Okoumè, oppure listelli di legno di Abete protetti da speciali vernici antimuffa e antiparassitari. Una volta terminata l'intera intelaiatura, bisogna creare gli incastri removibili per le pannellature di rivestimento. Ci sono più metodi di incastro, a seconda della tipologia di unità e soprattutto dell'anno di costruzione. Infatti in unità degli anni '70- '80 spesso venivano graffettate strisce di velcro alle paratie e all'imbonaggio con cui poi attaccare i rivestimenti.

(Fig. 135)



Fig. 135

Compensato marino

PVC

Acciaio Inox

Acciaio Zincato

Gomma 40 - 70 Sh A

Legno di Okoumè

Legno di Abete

Questo teneva relativamente bene sulle pannellature verticali, mentre a ciellino spesso non bastava nonostante i pannelli alleggeriti.

Successivamente si è passati a ben più prestanti incastri a clip, sia per pannelli verticali che orizzontali. Solitamente sono formati da una femmina filettata, incollata o imbullonata nell'imbonaggio e da un maschio posto retrostante ai pannelli di rivestimento. Grazie a questo sistema di incastro rapido ormai si fissa dal semplice pannello di rivestimento ad arredi interi (Fig. 136, 137, 138) o alla cucineria (Fig. 139)



Fig. 136



Fig. 137



Fig. 138



Fig. 139

POM-C

Questi innesti sono tendenzialmente in PVC, in acciaio Inox od ottone o, i più utilizzati, in POM-C, ovvero un termoplastico a base di resina acetica ottimo per le sue buone capacità meccaniche e di scorrimento.

3.5 Allestimento e rivestimento degli esterni

Una volta conclusa la posa degli impianti e la predisposizione strutturale degli arredi tramite l'imbonaggio, si iniziano le fasi di rivestimento dell'unità. Solitamente l'allestimento degli esterni e quello degli interni avvengono in contemporanea, anche se chiaramente gli interni richiedono tempistiche maggiori, con un ventaglio di soluzioni e materiali nettamente più ampio.

Per riuscire a dare un ordine logico al discorso non procederemo seguendo la cronologia temporale di allestimento, bensì suddividendo gli ambienti in due grandi categorie: allestimento degli ambienti esterni ed allestimento degli ambienti interni.

Parlando degli esterni, consideriamo 9 categorie:

1. Parabrezza, finestrature ed oblò;
2. Rivestimenti lignei;
3. Rivestimenti sintetici ed anti-skid;
4. Materiali metallici e materiali ferrosi;
5. Cuscineria;
6. Elementi aggiunti (roll-bar, hard top, plancia...);
7. Extra (lavelli, elettrodomestici, passerelle idrauliche, argani, tendalini,...).
8. Vela
9. Battelli pneumatici

3.5.1 Parabrezza, finestrature ed oblò

In questo paragrafo tratteremo di quegli elementi trasparenti presenti a bordo, delle loro varianti e delle modalità di installazione.

Al giorno d'oggi è volutamente sempre più labile il confine tra interno ed esterno, anzi si cerca una compenetrazione formale tra i due ambienti che devono coesistere, mantenendo il più delle volte una continuità visiva e funzionale. Per questo motivo il designer è sempre alla ricerca di nuovi stratagemmi per aumentare le trasparenze e portare ovunque la luce naturale, o semplicemente avvicinare percettivamente gli ospiti al mare.

Possiamo dividere le trasparenze in diverse categorie a seconda della posizione che occupano e della loro funzione, fattori che implicheranno anche la scelta di un materiale piuttosto che un altro.

- **Finestrature a scafo - apribili**

In ogni unità cabinata, che sia un progetto dei primi anni della vetroresina o l'ultimissimo concept presentato a scopo illustrativo/pubblicitario sui social o su una rivista, il team di progetto ha sempre cercato di offrire la possibilità di dare non solo trasparenza e luce solare, ma anche ventilazione naturale agli ambienti interni, quando possibile. Le finestrature apribili a scafo, dette oblò, sono nella maggior parte dei casi già forniti come prodotti standard acquistabili da terzi, presenti sul mercato in differenti forme, dimensioni e materiali.

I più comuni sono di forma ellittica, ma frequentemente troviamo oblò ovali o tondi e, sull'onda del minimalismo figlio del XXI secolo, anche

Acciaio Inox
Silicone

Nylon
ABS
Ottone
Bronzo
Alluminio
Vetro monolitico
Vetro temperato

Vetro acrilico
Policarbonato
Plexiglass
Metacrilato
PVC

rettangolari o, più raramente, quadrati.

A prescindere dalle loro geometrie, ciò che accomuna i vari oblò è la necessità di assicurare la tenuta stagna della chiusura poiché, specialmente nelle unità minori, possono essere installati molto vicini al galleggiamento. La normativa infatti prevede che, nelle unità da diporto sotto ai 24 metri, una finestratura apribile venga installata a non meno di 200 mm dal galleggiamento.

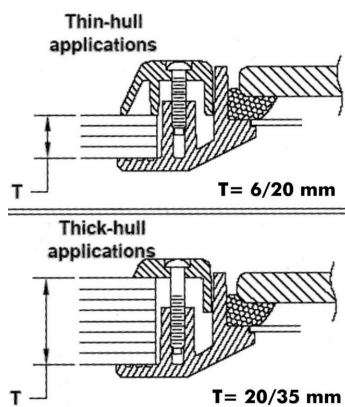


Fig. 140

Il frame degli oblò più moderni è in acciaio inox con la finitura superficiale che può essere satinata o cromata. Non è raro trovare su unità di piccole dimensioni oblò con la cassa in materiale plastico: i più

prestanti sono quelli in Nylon, mentre i più comuni sono in ABS. Altri materiali che possiamo trovare sono ottone, bronzo ed alluminio. Anche la trasparenza può essere data da differenti materiali. Raramente troviamo il vetro monolitico, mentre più frequentemente viene utilizzato il vetro temperato, ovvero il frutto di un processo di tempra del vetro monolitico mediante l'imposizione di uno shock termico: i pannelli di vetro vengono portati a 700 °C per poi essere sottoposti ad un raffreddamento istantaneo. La parte interna ovviamente tende a raffreddarsi più lentamente, provocando una dilatazione e quindi una compressione verso le superfici esterne, rendendo il manufatto 6-7 volte più resistente rispetto ad una lastra di vetro tradizionale.

Abbiamo poi oblò in vetro acrilico, in polycarbonato, in plexiglass e in metacrilato.

Talvolta gli oblò sono già forniti con una zanzariera interna che, a sua volta, può essere costituita da diversi materiali a seconda dei fornitori. Le più utilizzate sono quelle stampate in poliestere rivestito da PVC, ma non è raro trovare zanzariere frutto dell'intreccio di fili di acciaio inossidabile, di alluminio o di fibra di vetro anch'essa rivestita da PVC.

- **Finestrature a scafo, sulle sovrastrutture, in coperta - fisse**

A seconda della tipologia di unità, a vela o a motore, delle dimensioni o del suo scopo di progetto, possiamo avere più o meno superficie vetrata a scafo non apribile. In barche più classiche difficilmente si

bucavano le murate se non per l'installazione di oblò apribili; al contrario negli ultimi anni le trasparenze a scafo sono diventate segni fondamentali al disegno dell'imbarcazione.

Dalle figure 141 e 142 notiamo ad esempio due imbarcazioni dello stesso cantiere e della stessa filosofia (maxi-open) progettate rispettivamente al termine degli anni '90 la prima ed un restyling successivo al 2015 la seconda.

Si nota subito come gli oblò abbiano lasciato spazio ad ampie vetrate a scafo che contribuiscono all'estetica dell'imbarcazione, caratterizzando il profilo. In realtà è sempre presente la necessità di poter avere degli oblò apribili che nelle imbarcazioni più moderne

vengono installati all'interno delle vetrate fisse. Possiamo notare ad esempio come nella cabina armatoriale dell'unità più recente sia presente un oblò annegato nel cristallo a murata; l'unico elemento di connessione con la struttura è la piccola canalina in cui scorre il cavo elettrico del sensore dello stato di apertura/chiusura dell'oblò stesso.



Fig. 143

in caso di rottura e che l'apertura sia partizionata dalle strutture con un passo non superiore ai 300 mm. (Fig. 143)

Una delle grandi problematiche delle finestre di grandi dimensioni è la differenza di deformabilità del materiale dello scafo su cui verrà incollato il vetro ed il vetro stesso. Infatti quest'ultimo ha una rigidità molto maggiore rispetto alla vetroresina: la rigidità media dei vetri utilizzati è circa 7 volte più elevata rispetto alla rigidità media dei laminati in vetroresina. A differenza della rigidità a flessione, il carico



Fig. 141



Fig. 142

Sulle sovrastrutture non esistono limiti in merito all'utilizzo del vetro, mentre le normative definiscono abbastanza puntualmente i vincoli per quanto riguarda le finestre a scafo. Principalmente, per le unità da diporto sotto ai 24 metri, le regole da rispettare sono due: utilizzare vetri di sicurezza per evitare la penetrazione di acqua

Vetro stratificato

PVB

TPU

PVC

EVA

DG41

SGP

Policarbonato

Resina a base di
Poliuretano alifatico

Resina di Poliestere

di rottura del vetro è simile a quello della vetroresina. Per questo motivo a parità di sollecitazioni esterne la vetroresina si deforma molto di più del vetro e, se i telai perimetrali/flange di incollaggio sono troppo sottili oppure è troppo poco lo spessore del collante strutturale, il vetro rischia la rottura per deformazione eccessiva. Per questo motivo è prioritario tenere in considerazione delle deformazioni a cui lo scafo sarà soggetto già fase di progetto, dimensionando adeguatamente il frame strutturale, il metodo di incollaggio e vagliando le possibili alternative presenti nel mondo dei materiali plastici trasparenti, che hanno caratteristiche meccaniche simili al laminato e quindi ne consentono un miglior accoppiamento.

Le prime finestre erano in vetro monolitico, il cui vincolo è sempre stata la sua fragilità agli urti e al peso sostanziale che apportavano al dislocamento complessivo dell'unità visti gli alti spessori richiesti in termini di sicurezza. Un'alternativa era il vetro temperato.

In seguito all'emissione delle normative che prevedono l'utilizzo di vetri di sicurezza per le finestre a scafo, si sono sempre più raffinate le tecnologie di stratificazione del vetro, un metodo per alleggerire i pannelli rendendoli al tempo stesso più flessibili e resistenti agli urti.

Il vetro stratificato, detto anche vetro composito o (erroneamente) vetro laminato per via della traduzione dall'inglese laminated glass, nasce dall'interposizione di fogli di materiale polimerico a comportamento plastico tra due o più lastre di vetro tradizionale. (Fig. 144)

Il materiale più comune è il polivinilbutirrale PVB poichè viene scelto, oltre che per la sua plasticità, per le sue ottime doti di insonorizzante, oltre ad offrire una schermatura delle radiazioni ultraviolette che si avvicina al 99%.

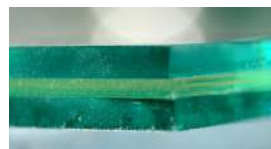


Fig. 144

Altre tipologie di stratificazione avvengono con pannelli di poliuretano termoplastico TPU, il PVC, l'Etilene Vinil Acetato EVA, il PVB rinforzato detto DG41 e SGP ed infine il Policarbonato.

Vi sono differenti tecniche per creare la stratificazione del vetro, principalmente possiamo elencarne tre:

- stratificando vetro e PVB, il collegamento dei vari strati avviene sfruttando contemporaneamente calore e pressione;
- stratificando vetro e policarbonato, i due materiali vengono fusi insieme interponendo una resina a base di Poliuretano alifatico, sempre sottoponendo il manufatto a calore e pressione contemporaneamente;
- stratificando il vetro agli altri materiali sopra elencati invece si utilizzano resine bicomponenti raffinate, specialmente poliestere;

Un altro grande vantaggio dei vetri stratificati è che, in caso di rottura, le lastre di vetro frantumate restano comunque saldate al pannello plastico, non provocando così l'esplosione e la dispersione di schegge come un vetro tradizionale, motivo per cui viene denominato anche vetro di sicurezza. (Fig. 145)



Fig. 145

La stessa tecnologia con spessori inferiori viene utilizzata, ad esempio, per il parabrezza ed il lunotto posteriore delle auto oppure, in spessori maggiori, per i vetri antiproiettile.

L'incollaggio dei vetri avviene su apposite flange tramite un processo di sigillo con collanti strutturali siliconici molto flessibili, resistenti ovviamente all'acqua e ai raggi solari.



Fig. 146

(Fig. 146)

Saltuariamente è possibile trovare un doppio vetro con interposta una camera d'aria che aumenta l'isolamento acustico e termico. (Figg. 147, 148)

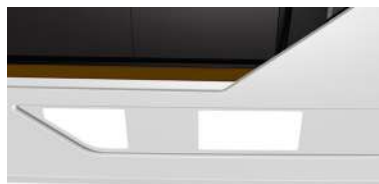


Fig. 147

In questi casi viene incollato dall'interno un primo vetro con massima trasparenza, mentre dall'esterno viene incollato un secondo vetro stratificato che può avere interposto un film parzialmente oscurante e, come spesso accade, una serigrafia totalmente oscurante che nasconde le porzioni cieche nel caso di finestrature continue.



Fig. 148

(Fig. 149)



Fig. 149

Lo stesso discorso avviene anche sulle superfici non apribili orizzontali, come ad esempio strisce trasparenti in coperta per dare luce agli interni (Fig. 150) oppure porzioni trasparenti di hard-top. (Fig. 151)



Fig. 150



Fig. 151

- **Finestrature in coperta - apribili**

Ogni barca cabinata ha, per obbligo di legge, una sfuggita di sicurezza in coperta, un'uscita di emergenza in caso di impossibilità ad utilizzare l'ingresso sottocoperta principale.

Come già citato in altre occasioni, è importante fare di necessità virtù, ecco perché degli elementi tecnici come delle semplici uscite di sicurezza si trasformano in pozzi di luce naturale, valore aggiunto all'estetica e al comfort di bordo.

Inizialmente i boccaporti, anche detti passa-uomo proprio via della funzione di passaggio di emergenza, erano spesso ciechi, stampati anch'essi in vetroresina. (Fig. 152)

Ogni boccaporto era quindi custom, costruito in loco sull'unità in produzione.

Successivamente hanno preso il via fornitori esterni che, come per gli oblò, hanno iniziato a offrire al mercato un ventaglio di opzioni sempre più ampio. I boccaporti più comuni sono esterni, con profilo in alluminio, in acciaio inox o in ABS e la trasparenza è data da pannelli di plexiglass o policarbonato. In questo caso non sono però calpestabili, inoltre sporgono dal ponte di coperta del loro intero spessore. (Fig. 153)

Più costosi ma sicuramente più eleganti sono invece i cosiddetti Flush



Fig. 152



Fig. 153

Acciaio Inox
ABS
Policarbonato

Vetro acrilico
Polimetilmetacrilato

PVC espanso

Acciaio Inox
Brit
Pom
TPE

Deck, ovvero quei passa-uomo progettati per essere a filo con il ponte di coperta. In questo caso lo spessore del frame interno è accolto da incavi preventivamente progettati nella stampata di vetroresina. Nel caso di aperture flush-deck, la trasparenza deve essere calpestabile, per questo motivo aumentano gli spessori o si passa a materiali più resistenti come il vetro acrilico o il polimetilmetacrilato. (Figg. 154, 155) Non è raro trovare esempi di vetro stratificato. Le guarnizioni sono quasi sempre in PVC espanso.

Questa tipologia di apertura è spesso utilizzata anche per chiudere le colonne scale esterne, specialmente quelle che collegano i ponte sole più alti, come fly-bridge o sun-deck. (Fig. 156)

A seconda delle dimensioni e quindi del peso del boccaporto, le cerniere possono essere controbilanciate da una molla o, nei casi più tecnologici, da piccoli pistoni a gas, anche dette molle a gas. (Fig. 157) Queste molle sono in acciaio Inox, solitamente AISI 304 e AISI 316, mentre le guarnizioni sono in apposite gomme termoplastiche, soprattutto Brit, pom, tpe per garantire la tenuta del gas compresso che solitamente è azoto.



Fig. 154

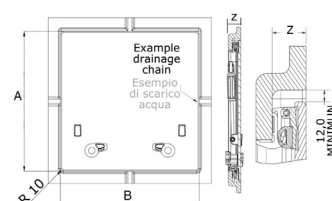


Fig. 155



Fig. 156



Fig. 157

- **Parabrezza**

Sia che si tratti di un motoscafo di piccole dimensioni che di un'imbarcazione di 24 metri, la grande maggioranza delle unità (a motore) ha un parabrezza più o meno pronunciato che deflette l'aria, riducendo le turbolenze nella zona della timoneria e del pozzetto. (Figg. 158, 159)

Di base, come per le automobili, anche i parabrezza nautici sono difficilmente in vetro, specialmente per le unità plananti. Solitamente il vetro viene utilizzato per le unità più grandi oppure per le navette dislocanti o al massimo semidislocanti, che quindi prevedono la possibilità di subire colpi di mare meno violenti date le velocità minori. A seconda del cantiere e del tipo di barca quindi possono essere adottate differenti scelte. (Figg. 160, 161, 162, 163)



Fig. 158



Fig. 159



Fig. 160



Fig. 161



Fig. 162



Fig. 164

Plexiglass

L'alternativa più utilizzata al vetro è il plexiglass, nonostante sia relativamente sensibile ai graffi. Ultimamente è molto utilizzato il metacrilato colato, specialmente per i parabrezza di piccole dimensioni poiché, data la loro leggerezza, hanno la possibilità di essere incollati senza un frame strutturale. Per porzioni trasparenti di dimensioni notevoli si passa poi ai vetri laminati, spesso con pellicole protettive oscuranti o fumé per il filtraggio e la protezione dai raggi solari. Più

Vetro temperato

*Alluminio
Acciaio Inox
Carbonio*

raramente incontriamo unità con installato un parabrezza in vetro temperato.

Anche per quanto riguarda il telaio di supporto ci sono varie opzioni a seconda della tipologia di unità e di budget di costruzione.

I più comuni sono quelli in alluminio o in acciaio inox, ma non è raro incontrare casi in cui la cornice viene stampata in composito.

(Fig. 165)

Specialmente nelle unità di ultima produzione viene adottato il carbonio.

Ci sono principalmente tre metodi di fissaggio del parabrezza; in tempi recenti si predilige l'incollaggio tramite dei sigillanti siliconici, specialmente incollando su composito.

Soprattutto in imbarcazioni di più datate o per unità più piccole troviamo invece parabrezza avvitati. Il rischio in questo caso è la creazione di cricche che, con le vibrazioni, possono propagarsi a ragnatela attorno ai fori. Un metodo molto usato è quello di mordere il parabrezza stringendolo all'interno di un profilo di acciaio o alluminio con interposta una guarnizione siliconica che smorzi le vibrazioni.



Fig. 165

- **Porte scorrevoli e finestrature sulle sovrastrutture – apribili**

In ultimo, possiamo considerare un'altra categoria di elementi trasparenti esterni apribili, ovvero le porte scorrevoli e le varie finestrature presenti sulle sovrastrutture.

Questi elementi possono essere presenti in dimensioni e forme differenti su qualsiasi unità da diporto, dal natante a vela di piccole dimensioni che può presentare una tagliola del tambucio trasparente fino ad arrivare alle ampie vetrate scorrevoli che può offrire una navetta di 24 metri.

Nel caso di piccole porzioni apribili, i materiali sono pressoché gli stessi dei passa-uomo, come anche il funzionamento, le guarnizioni di



Fig. 166



Fig. 167

Plexiglass
Vetro acrilico

Vetro temperato
Vetro stratificato

Acciaio Inox



Fig. 168

battuta e eventuali intelaiature. Molto usati sono i pannelli di plexiglass o di vetro acrilico, data la loro leggerezza che offre la possibilità di movimentare manualmente il meccanismo. (Fig. 169)

Salendo di dimensioni si arriva ad avere delle porte scorrevoli a tutti gli effetti. Queste solitamente sono in vetro temperato oppure in vetro stratificato.



Fig. 169

Possiamo inoltre citare le movimentazioni di finestrature scorrevoli sia verticali, come per le sovrastrutture laterali, sia orizzontali, come nel caso di pannelli scorrevoli di hard-top. (Figg. 170, 171)

I telai in questo caso sono quasi sempre in materiali compositi o in acciaio inox.



Fig. 170



Fig. 171

3.5.2 Rivestimenti lignei

Un altro aspetto da considerare è la varietà di componenti lignei presenti all'esterno. Il legno a bordo è da sempre sinonimo di pregio ed eleganza e, forse per tradizione o forse per le sensazioni che il legno può regalare in confronto alla "plastica", raramente un'imbarcazione da diporto rinuncia ad elementi lignei. Come sempre il contesto di utilizzo per cui è progettata una barca determina anche i materiali presenti a bordo; un'imbarcazione da regata di ultima generazione ad esempio potrebbe non presentare componenti in legno, ma senza considerare casi limite come quello appena citato, solitamente la presenza a bordo di questo materiale è quasi scontata.



Fig. 172



Fig. 173

Il legno all'esterno è utilizzato principalmente per i rivestimenti, anche se non è raro trovare arredi interamente costruiti in legno, solitamente a bordo di imbarcazioni più datate. (Figg. 172, 173, 174)



Fig. 174

Per analizzare le tipologie di legno in cui possiamo imbatterci, conviene identificare prima i contesti in cui è possibile utilizzarlo:

- **Rivestimento del ponte**

La sensazione di posare il piede nudo su un tiepido ponte in legno è per molti armatori una prerogativa. Ma che tipo di legno si utilizza per rivestire i deck esterni di un'unità da diporto?

Se per gli interni, come analizzeremo successivamente, il ventaglio di scelta è molto ampio, per gli esterni si riduce drasticamente a causa dello stress a cui le componenti sono soggette. Salsedine, umidità, sbalzi termici ed esposizione costante sia al sole che alle intemperie sono i nemici principali che minano il ciclo di vita di un ponte di coperta in legno, che richiede una manutenzione costante e consapevole per potersi conservare al meglio. Per scongiurare problemi come deformazioni, marcescenza o esfoliazione è fondamentale la scelta del legname corretto, come anche la strategia di posa più adatta.

Il legno migliore è sicuramente il Teak di origine birmana, un legno che appena tagliato si presenta di colore marrone chiaro, semplice da lavorare e molto resistente agli agenti atmosferici. Il teak massello

Teak

Mogano Cubano
Mogano Messicano
Mogano Honduras

Mogano Sapelli

Mogano Meranti

Legno di Pino
Legno di Larice

è ottimo poiché tende a non imbarcarsi con l'umidità, oltre a soffrire poco di fessurazioni e torsioni. Il suo punto forte è la buona quantità di olii naturali presenti al suo interno che lo rendono impermeabile, facendo sì che si mantenga uniforme il suo grado di l'umidità. (Fig. 175) Le uniche fessurazioni a cui è soggetto sono molto superficiali e si dispongono parallele alla direzione delle fibre; per questo motivo la manutenzione è relativamente semplice poiché necessita di essere occasionalmente carteggiato sullo strato superficiale e inumidito di olii appositi.

Una buona alternativa al Teak è l'Iroko massello, un legno africano molto più economico e visivamente abbastanza simile al Teak; le differenze emergono con l'invecchiamento poiché, al contrario del Teak, tende a scurire molto nel corso degli anni. Una caratteristica negativa dell'Iroko è che può soffrire di fessurazioni abbastanza profonde che spesso possono svilupparsi trasversalmente rispetto all'andamento delle fibre. (Fig. 176)

Un altro legno utilizzato in massello è il Mogano, un legno tropicale che nasce nelle foreste dell'America Centrale. Le sue caratteristiche meccaniche sono ottime, come anche la resa estetica molto elegante determinata dal particolare colore rossiccio/imbrunito, ma non è più una scelta ecologicamente sostenibile dato lo sfruttamento incontrollato degli ultimi secoli che ne ha decimato le foreste. Dal momento che il Mogano Americano è considerato una specie protetta, ne sono state esportate delle varianti attualmente utilizzate:

1. **Mogano Americano:** regolamentato e difficilmente reperibile, comprende il Mogano Cubano, il Mogano Messicano ed il Mogano delle Honduras; (Fig. 177)
2. **Mogano Africano:** è distinguibile dall'originale per il suo colore più salmone-rossiccio. In questa categoria rientra il mogano più utilizzato, il Mogano Sapelli, molto più leggero dell'originale mogano americano; (Fig. 178)
3. **Mogano Asiatico:** il più famoso è il Mogano Meranti;



Fig. 175

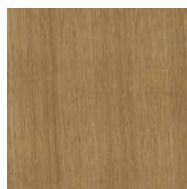


Fig. 176



Fig. 177



Fig. 178

Ci sono esempi più rari di filarotti in legno di Pino, molto elegante ma poco prestante, e di legno di Larice, molto economico e per questo usato anche in vecchie barche da lavoro.

Teak e Iroko restano ugualmente i legni più utilizzati per i calpestii dei

Okoumè

deck con filarotti in massello, ma sovente è possibile incontrare ponti di coperta rivestiti in compensato marino.

In questo caso solitamente vengono usati dei multistrato di Mogano Sapelli con l'ultima faccia, quella superiore, in Teak.

Questa soluzione, abbastanza economica e leggera, è però poco duratura. Avendo il foglio di teak superficiale uno spessore che varia da 1 a 3 mm, a lungo andare tenderà ad affiorare il rossiccio del mogano, che tra l'altro presenterà la venatura messa a 90° rispetto alla faccia del teak. Un altro compensato è quello di Okoumè.

È abbastanza semplice capire quando è stato utilizzato un compensato anziché un massello: i filarotti di compensato non si piegano facilmente, per questo le venature solitamente sono disposte longitudinalmente, paralleli alla mezzaria, mentre il massello viene curvato e le sue venature accompagnano l'andamento della coperta, convergendo a prua.

La fase più complessa del rivestimento di un ponte di coperta in legno è la progettazione corretta ed il taglio dei filarotti; una volta tagliati, si passa alla posa sulla vetroresina.

(Figg. 179, 180, 181)

I filarotti sono quasi sempre incollati utilizzando una resina epossidica oppure con un adesivo strutturale poliuretanico. (Figg. 182, 183)

In questo caso si predilige incollare su una superficie di vetroresina ruvida e non lucidata per garantire un miglior grip del collante. Una volta spalmato l'adesivo, si posano i listelli affiancandoli l'uno all'altro,



Fig. 179



Fig. 180



Fig. 181



Fig. 182



Fig. 183

Resina epossidica

Adesivo poliuretanico

mantenendo una interstizio costante tra loro che verrà successivamente riempito di collante poliuretanico che impedisce le infiltrazioni di acqua. Queste fughe vengono definite comenti.

In alcuni casi i filarotti vengono avvitati con viti in acciaio poste ad intervalli regolari lungo i filarotti. In questo caso poi le teste delle viti vengono coperte con tappi di teak. (Fig. 184)



Fig. 184

Solitamente è preferibile l'incollaggio per due motivi: il primo è che protegge molto di più da possibili infiltrazioni che possono depositarsi sotto al legno e danneggiarlo senza che sia visibile fino alla fine; il secondo motivo è che il teak, anche se non viene carteggiato frequentemente, si consuma di circa 0,3-0,4 mm all'anno quindi, a lungo andare, salteranno sempre più spesso i tappi di teak fino ad arrivare alla testa della vite.

Il caso più deleterio, per fortuna non più utilizzato, è la rivettatura dei filarotti sulla vetroresina:

Un tappo, per quanto aderente sia, rischia comunque di far filtrare umidità e acqua, specialmente quando il ponte è abbastanza consumato; il foro centrale del rivetto diventa così una semplice via di infiltrazioni nella vetroresina, nel sandwich e nel controstampo con rischio di marcescenze e delaminazioni.

Come anticipato precedentemente è possibile ricreare coperte in legno con l'utilizzo di multistrato. (Fig. 185)

La problematica resta sempre quella dell'usura: se i comenti tra i filarotti in massello prendono l'intero spessore del legno, i comenti scavati nel multistrato sono notevolmente meno profondi, quindi rischiano di consumarsi e saltar fuori dalla fuga con più facilità e molto più rapidamente.



Fig. 185

- **Arredo esterno**

Come abbiamo anticipato precedentemente, nelle unità di piccole dimensioni gli arredi (interni ed esterni) sono quasi sempre stampati in vetroresina; possono far parte della stampata della coperta o, in rari casi, essere stampati come elementi a sé. Nonostante questo il legno viene spesso usato come elemento decorativo che apporta colore (e calore) alle geometrie esterne. (Figg. 186, 187)

Come notiamo nelle immagini allegate, che si tratti di un'unità più datata oppure di una più moderna, a prescindere dalle dimensioni, il rivestimento ligneo continua ad essere una prerogativa per impreziosire gli esterni di una barca.



Fig. 186



Fig. 187

Anche in questo contesto vengono sfruttate le ottime qualità del legno di teak, usato sia in massello che in multistrato marino. I rivestimenti lignei vengono incollati con sigillanti siliconici o poliuretanici, in alternativa possono essere avvitati mordendo direttamente sulla vetroresina.



Fig. 188

All'aumentare delle dimensioni e dei costi di vendita, aumentano proporzionalmente le possibilità che i clienti hanno di customizzare gli ambienti, sia interni che esterni. Per questo motivo si passa dagli arredi strutturali a i cosiddetti *fixed-furnitures*. (Figg. 188, 189, 190)

Possiamo definire *fixed-furnitures* tutti gli arredi costruiti in separata sede, quindi customizzabili (nei limiti) nella forma, nelle dimensioni e nelle finiture. Questi arredi vengono poi fissati sul ponte di coperta tramite incollaggio, avvitamento o a volte fazzolettatura per laminazione. Solitamente il fissaggio al ponte



Fig. 189



Fig. 190

Inox AISI 316

Teak
Iroko
Okoumè
MDF

avviene prima della posa del teak, in modo tale che la mastra giri attorno alla base dell'arredo che appare così perfettamente integrato nel design dell'ambiente, dialogando con gli altri elementi circostanti. In questo caso gli arredi vengono costruiti dal reparto di falegnameria.

Come un mobile tradizionale, gli arredi in legno vengono progettati per essere assemblati tramite incastro e fissaggio meccanico tramite viteria solitamente in Inox AISI 316. (Fig. 191)



Fig. 191

Nel caso in la finitura richiesta sia legno naturale a vista, viene utilizzato lo stesso legno del ponte, quindi quasi sempre teak, in forma di massello. Solitamente però per evitare marcescenze ed infiltrazioni, gli arredi vengono trattati tramite resinatura o più frequentemente laccatura. In questo caso possono essere utilizzati dei pannelli di multistrato marini, a base di Teak, Iroko o Okoumè, ma la scelta spesso troviamo anche pannelli di MDF laccati. La laccatura può essere definita come la finitura estetica e protettiva sulla superficie del pannello. (Fig. 193)

Ci sono due tipi di laccature:

1. **Laccato a poro aperto:** quando viene laccata direttamente la superficie lignea
2. **Laccato a lucido diretto:** quando vengono applicati prima degli strati di carta melaminica

La laccatura è un processo che, oltre a garantire un ampio ventaglio di finiture, dall'opaco fino ai 100 gloss (è possibile anche creare superfici goffrate), aumenta le caratteristiche chimico-meccaniche dei pannelli. Ai pannelli viene inizialmente dato un fondo di vernice poliesteri che, grazie alle sue buone capacità di riempimento dei pori, garantisce un ottimo fissaggio delle vernici poliuretaniche con i pigmenti di colore con cui si crea la finitura superficiale. La lucidità del prodotto finito è data dalla profondità delle successive fasi di spazzolatura.

Il legno, sotto forma di massello, è spesso utilizzato per il top dei tavoli.

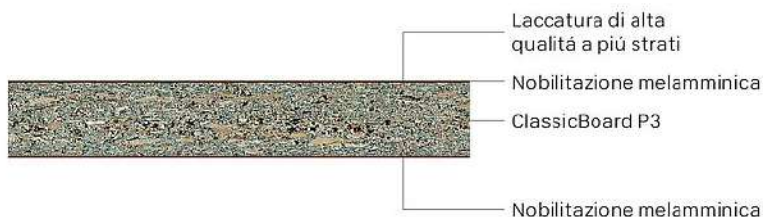


Fig. 192

3.5.3 Rivestimenti sintetici del ponte ed antiskid

Non sempre però viene rivestito ogni elemento, o comunque non necessariamente deve esserlo in legno. Nelle unità minori soprattutto, ma anche in imbarcazioni da regata o comunque più spartane o economiche, il legno non viene preso in considerazione per i rivestimenti, specialmente per il ponte di coperta.

Gli arredi ad esempio parlano quasi sempre lo stesso linguaggio formale delle sovrastrutture, quindi viene lasciato a vista il Gelcoat, opportunamente lucidato. Anche per il ponte di coperta possiamo avere direttamente il prodotto estratto dallo stampo, quindi vetroresina rivestita da gelcoat, con un'eccezione dettata dalle necessità. È infatti opportuno considerare che una barca è un oggetto in costante movimento sui 3 assi che opera in un ambiente che, a seconda delle condizioni metereologiche e marittime, può essere particolarmente bagnato. La finitura lucida del Gelcoat, pur esteticamente valida, diventa quindi una superficie considerevolmente scivolosa e di conseguenza pericolosa per chi è a bordo.

Per questo motivo è opportuno rimediare a questa problematica e per farlo è possibile ricorrere a differenti escamotage.

- **Antiskid o Antisdrucciolo**

La tecnica più utilizzata è quella di verniciare a rullino (talvolta anche a spruzzo) le porzioni più critiche con delle vernici miscelate a granuli leggeri che galleggiano sul pelo delle pitture molto più pesanti a cui vengono addizionati. (Fig. 193)

In questo modo si crea facilmente una superficie con un buon grip che si adatta semplicemente ad ogni superficie. (Fig. 194)



Fig. 193



Fig. 194

Esistono differenti tipi di granulati, dai più raffinati ai quelli più grezzi. A livello di comfort e di finitura, i migliori sul mercato sono quelli levigati a perlina, ovvero perfettamente sferoidali e di dimensione costante; con questa tipologia di granuli è possibile ottenere superfici visivamente uniformi e soprattutto molto resistenti all'abrasione.

Questi granuli possono essere miscelati sia a vernici monocomponenti che alle bicomponenti.

Un'alternativa di posa è quella di setacciare i granuli, facendoli depositare sullo strato di vernice ancora fresco. In questo caso il grip è maggiore, anche se è questa finitura è più soggetta ad usura. In questo caso i granuli inoltre non vengono miscelati alla vernice, restano a vista,

per questo è importante tenere conto del colore di entrambi affinché il risultato sia esteticamente piacevole.

I granuli sul mercato possono essere sia a grana fine che a grana grossa a seconda delle necessità, oltre ad essere di differenti materiali.

Principalmente abbiamo granuli in vetro con un peso specifico che si aggira intorno a $1,5 \text{ Kg/dm}^3$.

Esistono anche polveri fini a forma cava di natura inorganica, molto resistenti all'abrasione, con un peso specifico che varia intorno ai $2,6 \text{ Kg/dm}^3$.

- **Adesivi antisdrucchiolo**

Un'altra strategia è quella di utilizzare appositi adesivi antiscivolo presenti sul mercato. Ne esistono di differenti materiali, spessori e finiture.

Per piccole porzioni si utilizza uno speciale nastro adesivo (anche trasparente) a cui vengono applicati granuli abrasivi grazie a resine sintetiche. (Fig. 195, 196)



Fig. 195



Fig. 196

Ultimamente si incontrano spesso imbarcazioni più tecniche le cui porzioni antiscivolo sono ricavate grazie all'applicazione di gomme antiscivolo autoadesive. Tra i grandi vantaggi di questi antiscivolo c'è sicuramente la loro capacità di assorbire gli urti ed evitare abrasioni cutanee da sfregamento, motivi per i quali vengono apprezzate a bordo di imbarcazioni fisicamente impegnative. (Fig. 197)

Sono anche ottimi fonoassorbenti.

Ne esistono molteplici esempi sul mercato, differenziati tra loro per il materiale, gli spessori e le finiture possibili.

Essendo materiali creati artificialmente,



Fig. 197

è possibile trovarli con diverse texturizzazioni dell'antiscivolo; principalmente troviamo quelli in rilievo e quelli spazzolati. Il materiale più comune di cui sono composti questi tappetini antiscivolo è l'Etilene-Vinil Acetato a cellule chiuse.

Chiaramente dei tappetini sintetici non sono considerabili finiture nobili, ma la possibilità di customizzarne colore e pattern li rende ugualmente appetibili al mercato della piccola nautica. Inoltre, a differenza del ponte in teak, la manutenzione è davvero ridotta, se non quasi inesistente, senza considerare i costi molto inferiori. Ciononostante molti armatori nostalgici diffidano da una finitura così poco "classica". Per questo motivo si è aperto il nuovo, vastissimo mercato dei teak sintetici. (Figg. 198, 199)



Fig. 198



Fig. 199

Anche in questo caso, data la loro origine artificiale, sono altamente personalizzabili e, a seconda della fascia di prezzo, arrivano a riprodurre l'effetto legno sia visivamente che al tatto, senza per questo necessitare di attenta ed metodica manutenzione.

PVC

Gran parte di questi Teak sintetici è formata al 100% da PVC, venduta in bobine affiancabili con sistema di incastro maschio-femmina. È possibile ordinare già le porzioni sagomate ed incollate tra loro con un disegno scelto, pronte per la posa. Alcune tipologie sono fornite già con un film autoadesivo applicato sottostante, mentre altri sono scavati con scanalature longitudinali che facilitano il grip di incollaggio con collanti poliuretanici. Altri esempi sono i filarotti in sughergomma. (Fig. 200)

Negli ultimi anni ha preso il via anche il settore dei rivestimenti antiscivolo naturali.

Sughero

Principalmente si tratta di agglomerati formati da segature di legno pressate o, come sempre più spesso si può incontrare, pannelli di sughero fresati come filarotti e comenti di un vero ponte in legno. Quest'ultima è la scelta più ecologica poiché le coperte in sughero sono 100% naturali; Inoltre la produzione non prevede il disboscamento bensì una raschiatura superficiale. Chiaramente il sughero utilizzabile in ambiente marino sotto le



Fig. 200

3.5.4 Materiali metallici, materiali ferrosi e leghe

sollecitazioni a cui viene sottoposto deve essere un sughero molto compatto; il sughero tradizionale in commercio solitamente arriva a una pressatura non superiore ai 180 Kg/m^3 , mentre quello utilizzato per un ponte di coperta in media viene pressato tra i 550 ed i 600 Kg/m^3 .

Una percentuale considerevole delle componenti necessarie al funzionamento dell'oggetto barca è composta dalla ferramenta metallica/ferrosa.

L'ambiente marino, l'esposizione continua agli agenti atmosferici e le sollecitazioni meccaniche a cui sono sottoposte nel corso della vita rendono necessaria una corretta progettazione degli innesti e la scelta consapevole dei materiali.

In questo paragrafo tratteremo esclusivamente della ferramenta di coperta senza considerare le possibili differenze e componenti aggiunte tipiche di un'unità a vela rispetto ad una a motore (v. P. 3.5.8).

Possiamo distinguere 3 grandi categorie:

- Componenti ausiliarie alla navigazione
- Accessori
- Viteria e Ferramenta

- **Componenti ausiliarie alla navigazione**

Con questa classificazione intendiamo quegli elementi necessari al funzionamento dell'unità, dalla navigazione all'ormeggio o alla rada.

Fondamentali sono le stazioni di ormeggio, data la loro obbligatoria presenza su ogni unità e gli alti sforzi a cui possono andare incontro.

L'impostazione di una zona di ormeggio è abbastanza standardizzata, sia nella zona prodiera che a poppavia: le cime che arrivano dalla banchina (come le trappe che invece salgono da un corpo morto posto sul fondo della marina) vengono fatte passare attraverso o attorno ad un elemento detto passacavo. (Figg. 201, 202)

Ne esistono di differenti forme e dimensioni, possono essere integrati nelle linee esterne oppure semplicemente imbullonati alla falchetta come elemento a sé, ma il loro scopo resta quello di mantenere costante il punto di sforzo nella posizione ottimale, rimandando la cima alle galloce a cui vengono fissate.



Fig. 201



Fig. 202

Inox AISI 316

Ottone cromato

Alluminio anodizzato

I passacavi devono resistere allo sfregamento, per questo sono sempre in materiali metallici o leghe. Il materiale più utilizzato è l'acciaio Inox AISI 316, sia nel caso di passacavo semplici che di quelli passanti nelle impavesate (imbarcazioni più grandi), ma si trovano anche altri materiali, a seconda della fascia di dimensioni e dell'anno di costruzione. Spesso infatti possiamo trovare passacavo in ottone cromato o in alluminio anodizzato.

(Figg. 203, 204, 205)

I passacavi vengono avvitati al ponte con un dado passante che viene tirato dall'interno. In caso non fosse possibile utilizzano delle viti autofilettanti annegate in collanti siliconici strutturali.



Fig. 203



Fig. 204



Fig. 205

Come anticipato, il passacavo funge solo da punto di sforzo affinché la cima non sfregi sulla falchetta, sulla murata o sull'impavesata; una volta attraversato il passacavo, viene deviata al reale punto di blocco, ovvero la galloccia. Nel parlato la galloccia viene comunemente chiamata bitta, anche se erroneamente: la bitta infatti è la bassa colonna a fungo a cui ci si ormeggia presente tipicamente sulle banchine dei porti o sul ponte delle navi da lavoro. (Fig. 206) La galloccia svolge la stessa funzione, ma si presenta con una morfologia molto differente, più contenuta e adatta al diporto. (Fig. 207)



Fig. 206



Fig. 207

Esistono galloccie di ogni forma, dimensione e materiale.

Tipicamente in acciaio inox, vengono fissate al ponte tramite due o quattro viti passanti imbullonate da sotto; quando possibile viene aggiunta da dietro una piastra filettata in acciaio nella quale passano le viti prima di essere imbullonate. Questo processo favorisce una miglior distribuzione degli sforzi, riducendo il rischio di strappo della galloccia dalla coperta. (Figg. 208, 209)



Fig. 208



Fig. 209

Ottone

Nylon
ABS

Come per i passacavo, anche le gallocce possono essere in ottone e in ottone cromato o in alluminio.

Non è raro trovare gallocce di altri materiali, specie per unità più datate; ad esempio nel diporto di piccole dimensioni si incontrano spesso gallocce in materiali plastici, come le bitte in Nylon o in ABS. (Fig. 210) Spesso veniva utilizzato anche il legno di teak massello. (Fig. 211)

Ovviamente stiamo procedendo con valutazioni di massima basate sulla media delle unità analizzate, esistono sempre casi in cui il libero arbitrio del designer o le richieste degli armatori indirizzino le scelte verso componenti custom o meno tradizionali. Ad esempio il fascino del vintage ha dato il via ad aziende che forniscono componenti in cui si mescolano le caratteristiche dei metalli con la nobiltà del legno. Possiamo ad esempio vedere questa bitta in ottone e legno di mogano. (Fig. 212)



Fig. 210



Fig. 211



Fig. 212

Un'altra componente ausiliaria alla navigazione è sicuramente l'ancora. Esistono diverse tipologie di ancore, anche se questo non è il contesto in cui analizzarle per funzione, bensì per materiale.

Acciaio zincato

Acciaio Inox

Acciaio galvanizzato

Principalmente abbiamo ancore in acciaio zincato (Fig. 213), anche se ultimamente viene sempre più utilizzato l'acciaio Inox. (Fig. 214) Non è raro incontrare ancore in acciaio galvanizzato. (Fig. 215)



Fig. 213

Ghisa
Ghisa zincata

Più raramente incontriamo la ghisa grezza, mentre è più probabile trovare la ghisa zincata. (Fig. 216)

Solo in unità dei primi anni 70 possiamo trovare ancora ancore in ferro battuto, oggi non più utilizzate.



Fig. 214



Fig. 215



Fig. 216

Acciaio Inox Aisi 316
Acciaio Inox Aisi 304
Ferro ST235JR

La catena solitamente è anch'essa in acciaio zincato, galvanizzato, talvolta, in acciaio Inox sia Aisi 316 che 304, o più raramente in ferro ST235JR.



Fig. 217

Se in natanti di piccole dimensioni l'ancora può essere tranquillamente lanciata manualmente, salendo di peso ovviamente inizia ad essere necessario l'ausilio di un verricello elettrico. Inoltre una volta salpata non è possibile riporla in un gavone apposito, ma resterà appoggiata sul carrello/guida che ne accompagna la salita e la discesa.

Alluminio anodizzato

Nylon

Questi binari vengono anche detti musoni, vista la posizione di fissaggio all'estrema prua, proprio sul "muso" dell'unità. (Fig. 217)

Il musone è quasi sempre in acciaio Inox, a volte in alluminio anodizzato, mentre possono cambiare i materiali delle pulegge che accompagnano la salita e la discesa della catena. Possiamo infatti avere pulegge in nylon, in gomme dure o anch'esse in acciaio. (Figg. 218, 219)



Fig. 218

Nelle unità più moderne si cerca di nascondere sempre di più le aree tecniche e di manovra, automatizzandole il più possibile. Sempre più spesso ci si può imbattere in musoni nascosti nella prua che, al rilascio del verricello elettrico, per gravità si sfilano dal vano ancora portando con sé il carter di



Fig. 219

chiusura del dritto di prua. (Fig. 220)

I verricelli invece possono essere di diverse tipologie, tendenzialmente il materiale di base è sempre l'acciaio inox AISI 316. La scocca che invece ingloba il motore elettrico e la discesa nel pozzo catene invece variano a seconda del fornitore. Possono essere in ottone, in acciaio zincato, ma anche in materiali plastici o in composito.



Fig. 220

Anch'essi vengono imbullonati al ponte di coperta con l'inserimento di una piastra sottostante, quando possibile. (Figg. 221, 222, 223)



Fig. 221



Fig. 222



Fig. 223

- **Accessori**

Passando agli accessori, possiamo citare tutte quelle componenti non necessarie alla navigazione ma utili a livello di comfort o di sicurezza. Primo tra tutti il sistema di sicurezza del tientibene (o battagliola).

Sia che si tratti di un'unità a vela che di una a motore infatti, le normative in merito alla sicurezza a bordo impongono l'inserimento di una battagliola ove la struttura o l'impavesata non basti a salvaguardare l'incolumità di chi è a bordo. In realtà, soprattutto nelle barche a motore sportive, questa battagliola è spesso molto bassa se non quasi nulla, si tratta giusto di un appoggio di emergenza; questo è possibile grazie all'ennesimo escamotage, ovvero i cantieri costruttori si scaricano da ogni responsabilità assicurando la possibilità di compiere qualsiasi manovra dal pozzetto e aggiungendo un adesivo in cui viene vietato il camminamento sul ponte in navigazione.

(Fig. 224)

Il tientibene è composto da elementi verticali in acciaio inox, detti candelieri, fissati attraverso l'ausilio di bicchieri avvitati al ponte, ed elementi orizzontali che invece possono



Fig. 224

essere di varia natura. (Fig. 225)

Nelle unità a motore sono anch'essi in acciaio inox, cambia invece nelle unità a vela in cui viene introdotto il concetto di draglie, ovvero cavi tesi tra un candeliere e l'altro. Salvo in rari casi in cui le draglie sono in cordame di varia natura, solitamente esse sono in acciaio inox AISI 316 sottoforma di tondino o di intrecciato. (Fig. 226)



Fig. 225



Fig. 226

Le draglie vengono utilizzate anche come punto di appoggio della schiena o, in bolina, della pancia. (Fig. 227)



Fig. 227



Fig. 228

Per questo motivo spesso i tondini non sono lasciati a vista ma sono rivestiti con guaine protettive in PVC. (Fig. 228)

PVC

Tra gli accessori possiamo considerare inoltre anche tutte le componenti come maniglie, cancelletti, ghieri e componenti di lampade esterne, ganci per sci nautico, tubolari per tendalini o bimini, gambe dei tavoli ecc. A causa dell'ambiente marino sono sempre l'acciaio inox AISI 316 o AISI 304 a fare da padroni, anche se per alcuni componenti come ad esempio le scalette di poppa possono essere in alluminio con differenti rivestimenti quali Teak, ABS o PVC. (Fig. 229, 230)

Teak
ABS



Fig. 229



Fig. 230



Fig. 231

Acciaio Inox

Nylon
ABS

- **Viteria e Ferramenta**

In questa categoria abbiamo tutte le componenti necessarie all'assemblaggio degli arredi, come le cerniere di apertura degli sportelli o delle ante, le serrature ed i meccanismi di push&lock, maniglie da sollevamento per i boccaporti ecc. (Figg. 232, 233)

Come già intuito, tutta la viteria (viti, bulloni, dadi, rondelle, ecc) di fissaggio in barca, soprattutto per gli esterni, è in acciaio inossidabile. Anche la restante parte della ferramenta citata lo è, salvo in casi di unità più datate in cui anche l'ottone veniva largamente impiegato, o imbarcazioni più piccole in cui spesso le stesse componenti sono stampate in nylon o in ABS.



Fig. 232



Fig. 233

3.5.5 Cuscineria

Un'unità da diporto non è altro che un "giocattolo di lusso", un'isola privata su cui un armatore con famiglia o amici possa rilassarsi, isolandosi appunto dalla quotidianità. Non per tutti chiaramente il relax è sinonimo di ozio, c'è chi predilige la pesca, chi invece regatare con la propria unità a vela, o ancora chi sceglie l'unità al fine di praticare sport nautici. Qualsiasi sia il DNA dell'unità, difficilmente una barca non prevede uno spazio conviviale esterno su cui godere dei momenti di convivialità o relax. Salvo per unità a vela di piccole dimensioni infatti, una porzione importante delle superfici esterne di un'unità da diporto è destinata alle cuscinerie su cui riposare, prendere il sole o semplicemente godersi la navigazione. (Fig. 234)



Fig. 234

In unità a motore di dimensioni modeste è spesso maggiore la superficie prevista per sedute e prendisole piuttosto che il calpestio. Salendo di dimensioni cambia sicuramente il rapporto calpestio – cuscineria, ma quest'ultima resta fondamentale, spesso motivo di scelta di un modello piuttosto che un altro.

Prendisole, chaise longue, dinette trasformabili, sedute di guida, panche, pouff sono tutti elementi che sempre di più non possono mancare a bordo della propria "isola".

(Figg. 235, 236, 237)

Chiaramente i materiali ed i tessuti sono appositamente selezionati per l'ambiente marino, dove salsedine, intemperie e raggi solari minerebbero la durata di materiali da interni.



Fig. 235



Fig. 236



Fig. 237

Per analizzare i materiali per le cuscinerie esterne possiamo ragionare in tre blocchi di appartenenza:

- Imbottitura
- Rivestimento
- Fissaggio

• Imbottitura

Il materiale più utilizzato fino a qualche tempo fa era il poliuretano espanso elastico, comunemente noto come gommapiuma o gommaspugna. (Fig. 238) È economico e semplice da modellare, inoltre a seconda dell'utilizzo e dello spessore desiderato, si possono scegliere densità differenti per ottenere cuscini più o meno morbidi. Solitamente si parte da una densità di 20 Kg/m^3 per cuscini particolarmente soffici, aumentando fino ad arrivare a 40 Kg/m^3 su cuscini molto più duri. Mediamente i più utilizzati variano intorno ai 30 Kg/m^3 .

La problematica di questo materiale è la sua spugnosità che, in mancanza di una copertura accuratamente impermeabile, tenderà ad assorbire l'acqua. Inoltre la gommapiuma tende ad imbibire anche solo un'eccessiva umidità, provocando marcescenza.



Fig. 238

Poliuretano espanso

Polietilene espanso
EVA

Dryfeel

Per questo motivo solitamente questi cuscini non dovrebbero essere lasciati costantemente esposti, bensì accuratamente riposti in ambienti protetti e poco umidi.

Al contrario un'ottima alternativa sono le imbottiture in espanso a cellule chiuse, proprio per la loro capacità di idrorepellenza. (Fig. 239)



Fig. 239

In questa categoria possiamo trovare il poliuretano espanso a cellule chiuse, il polietilene espanso a cellule chiuse e l'EVA espanso a cellule chiuse.

Se fino a qualche anno fa i materiali più consigliati erano proprio gli espansi a cellule chiuse, ultimamente ha preso piede una strategia completamente opposta che prevede l'utilizzo di un materiale a cellule completamente aperte che non trattiene l'acqua e che asciuga molto rapidamente. Il materiale in questione è il Dryfeel.

Per le imbottiture nautiche vengono utilizzati 5 tipologie di Dryfeel a seconda della densità:

- Dryfeel da 21 Kg/m³
- Dryfeel da 28 Kg/m³
- Dryfeel da 31 Kg/m³
- Dryfeel da 32 Kg/m³
- Dryfell da 34 Kg/m³

Non è raro trovare sovrapposizioni di materiali, come strati di Dryfeel esterni con interposto uno strato in espanso a cellule chiuse che irrigidisce il cuscino.



Fig. 240

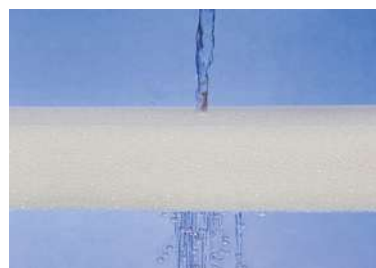


Fig. 241

Fibre Acriliche
Fibre Poliestere
Fibre di Cloruro di Vinile
Sky o Skai

- **Rivestimento**

La scelta del materiale di rivestimento è fondamentale per scongiurare infiltrazioni ed infestazioni di muffe e colonie batteriche; devono essere materiali traspiranti, pur mantenendo il grado di impermeabilità maggiore possibile. Esistono svariate alternative, prevalentemente sintetiche, adatte a questo scopo. I tessuti inoltre possono essere lisci o con una texturizzazione a seconda del materiale usato e della finitura ricercata.

Vengono utilizzati principalmente tessuti ricavati dalle seguenti tecnofibre:

- Fibre Acriliche
- Fibre Poliestere
- Fibre di Cloruro di Vinile
- Il tessuto più utilizzato però è lo Sky, o Skai: questo materiale, anche chiamato fintapelle o vinilpelle, è composto da 20% PL, 78% PVC, 2% PU.

È importante precisare che la fintapelle è al 100% di origine artificiale, da non confondere invece con l'ecopelle che, al contrario, è di origine naturale ma a ridotto impatto ambientale nel rispetto dei requisiti previsti dalla norma UNI 11427:2011.

- **Fissaggio**

Come già più volte è stato ribadito, la barca è un'architettura in continuo movimento. Per questo motivo la cucineria esterna, come in realtà la maggior parte dell'accessoristica presente a bordo, viene fissata alla coperta per evitare di perderla in mare. I metodi per fissare le cucinerie sono molteplici.

- Velcro biadesivo: molto utilizzate sono le strisce o i tondini di velcro biadesivo a base di fibra di Nylon. (Fig. 242)
- Clip e bottoni: le stesse che si usano in molti casi per le coperture tessili (tendalini) (Fig. 243)



Fig. 242



Fig. 243

3.5.6 Elementi aggiuntivi removibili

Oltre agli arredi veri e propri vanno considerati parte integrante degli allestimenti esterni anche quei macro-elementi aggiuntivi e removibili necessari al funzionamento dell'unità o di natura prettamente estetica.

- **Plancia**

Il caso più comune di elemento aggiunto è la consolle che ospita la timoneria.

Infatti, salvo in alcuni casi in cui la plancia fa parte della stampata della coperta, essa è un elemento a sé che viene allestito separatamente. La necessità di poterla rimuovere è per la manutenzione del sistema sterzante e della strumentazione elettrica retrostante al cruscotto.

Se ormai le plance vengono sempre stampate in composito, in unità più datate di piccole dimensioni, specialmente in caso di center-console, esse venivano costruite dalla falegnameria. Inizialmente una consolle tradizionale veniva lasciata in legno a vista ma, nel corso degli anni, prima di arrivare a stamparle in composito si mischiavano le due tecniche di costruzione in legno e resinatura o laminazione. Nell'immagine seguente è possibile vedere una consolle che, in fase di restauro, è stata carteggiata fino alla struttura lignea.



Fig. 244

(Fig. 244)

Analizziamo le fasi di costruzione di una consolle rivestita degli anni '70-'80 con struttura in compensato marino.

(Figg. 245, 246, 247, 248)

I pannelli di compensato venivano quindi assemblati tra loro tramite quadrotti incollati e avvitati, avendo cura che la testa delle viti sprofondasse di qualche mm all'interno del pannello così da poter essere stuccate.

Successivamente si passava alla levigazione e allo smusso dei vari angoli, specialmente nel caso in cui si prevedesse una successiva laminazione. Successivamente si laminava



Fig. 245



Fig. 246



Fig. 247



Fig. 248

con uno strato di MAT o di tessuto intrecciato a seconda del cantiere, mentre altri passavano solo qualche strato resina epossidica. A questo punto la struttura era pronta per essere verniciata con il Gelcoat, lucidata ed assemblata al resto dell'unità con dei tirafondi in acciaio inox.

Per distribuire meglio gli sforzi e assicurare impermeabilità alla base, si utilizzava il mastice sigillante.

Come anticipato, le plance hanno poi iniziato ad essere stampate in composito così da velocizzarne il processo produttivo e ridurne notevolmente il peso.

Con il passare degli anni e all'aumentare delle dimensioni mutano la morfologia e gli innesti di altri materiali, come la complessità (e la quantità!) delle strumentazioni. (Figg. 249, 250, 251, 252, 253)

Oltre alla vetroresina viene spesso utilizzato il carbonio per la sua leggerezza.

Il fissaggio avviene sempre tramite inserti e piastre in acciaio inox a cui avvitare la consolle, con l'aggiunta di guarnizioni in mastice o in silicone per garantire impermeabilità.

La strumentazione elettronica viene innestata ed avvitata, interponendo sempre delle guarnizioni per impermeabilizzare la plancia e smorzare le vibrazioni a favore degli strumenti.

Il colore viene dato solitamente attraverso Gelcoat pigmentato in fase di stampaggio, con successiva verniciatura o tramite processi di wrappatura.



Fig. 249



Fig. 250



Fig. 251



Fig. 252



Fig. 253

Gli inserti in altri materiali sono solitamente avvitati o incollati con collanti poliuretanici, anche se spesso non sono reali inserti quanto invece pellicole viniliche che simulano gli effetti desiderati.

La ricerca di alternative alla vetroresina, spronata da una maggior sensibilizzazione e consapevolezza in merito al suo smaltimento, hanno portato alla sperimentazione di nuove strade utilizzando metodi tecnologicamente avanzati come la stampa 3D. In questo caso si aprono nuovi scenari grazie alle possibilità che questa tecnologia può offrire, prima tra tutti il fatto di non dovere utilizzare costosi stampi, il che facilita inoltre la modifica e l'aggiornamento di modello in modello con la possibilità di creare forme pressoché infinite. La tecnica di stampa 3D più utilizzata è quella FDM (modellazione a deposizione fusa) che opera mediante la sovrapposizione dal basso verso l'alto di filamenti termoplastici riscaldati ed estrusi layer dopo layer.

Il materiale stampabile in 3D che più si adatta ad utilizzi di questo genere è probabilmente l'ABS, materiale in cui nel 2018 è stata stampata la prima plancia installata a bordo di un'unità da diporto dall'azienda italiana Superfici S.C.R.L.

Come una normale plancia stampata in composito, dopo essere stata stuccata, allestita e verniciata, può essere innestata alla struttura con viteria in acciaio inox. (Fig. 254)

Un altro materiale stampabile con la medesima tecnica e sperimentato in campo nautico è l'HSM, un tipo di filamento che tra i vari vantaggi, è compostabile e biodegradabile.

(Fig. 255, 256)



Fig. 254



Fig. 255



Fig. 256

- **Rollbar**

Un altro esempio tipico di elemento aggiunto è il Rollbar.

Pur essendo di derivazione automobilistica, non assumono nessuna funzione protettiva anti ribaltamento come quella che caratterizza i rollbar presenti nelle auto da corsa, nelle decappottabili o sui fuoristrada, nonostante la somiglianza estetica sia notevole.

(Figg. 257, 258)



Fig. 257



Fig. 258

L'obiettivo per cui vengono installati i rollbar è differente a seconda della tipologia di barca.

Nelle unità più piccole ad esempio lo scopo principale è quello di dare un punto di appoggio fisso al tendalino da sole, offrendo al tempo stesso la possibilità di posizionare le luci di navigazione ad un'altezza maggiore per garantire una visibilità migliore.

(Figg. 259, 260)



Fig. 259

Nei piccoli natanti i rollbar sono costituiti da tubolari in acciaio inox o in alluminio saldati tra loro ed imbullonati alla coperta. In questo modo sarà abbattibile in caso di trasporto su strada, soprattutto considerando che la grande maggioranza dei natanti è carrellabile. Esiste poi una categoria di natanti adatti al traino negli sport nautici che presentano un rollbar speciale regolabile in altezza. (Fig. 261) Anch'esso è in acciaio inox, con una base solitamente rinforzata con una contropiastra da sotto che distribuisca gli sforzi in modo da non strappare la coperta.



Fig. 260



Fig. 261

Acciaio Inox
Alluminio

Salendo di dimensioni il rollbar, nonostante mantenga la sua identità di componente removibile, si trasforma in un oggetto in composito integrato nel design dell'unità. La funzione è quasi la medesima, ciò che cambia è il fattore di scala.

Con la vetroresina i rollbar iniziano ad assumere morfologie differenti ed, essendo elementi cavi, diventano contenitori di casse per la musica e sistemi di illuminazione. (Fig. 262)

Più volte il rollbar diventa marchio di fabbrica di un cantiere, in modo che l'unità diventi riconoscibile anche da grande distanza per forme o innesti di materiali differenti. Salendo di dimensione vengono sfruttati per sostenere le antenne radar e gps. (Fig. 263, 264, 265)

Che sia un natante di piccole dimensioni o un'imbarcazione più consistente, il rollbar anche se in vetroresina rimane un elemento abbattibile/removibile tramite l'accoppiamento di due piastre con bulloni passanti. Quando all'interno del rollbar passa l'impianto elettrico, si impermeabilizza la giunzione con dei sigillanti poliuretanici. Talvolta il rollbar può essere costruito in fibra di carbonio.



Fig. 262



Fig. 263



Fig. 264



Fig. 265

Acciaio Inox

Tessuto acrilico

Alluminio

Ferro

Ottone

- **T-top o Hardtop**

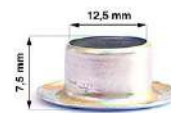
Sempre di più il mercato pretende zone esterne riparate dal sole senza per forza l'ausilio di tendalini posticci. Per questo motivo è nata una categoria di rollbar più coprenti, detta T-top. (Fig. 266)

I più tradizionali derivano da unità da pesca minori che, per liberare la zona poppiera del pozzetto per le manovre, vengono armate di un'intelaiatura in acciaio inox o alluminio ancorata alla consolle su cui viene teso un tessuto acrilico resinato. Quest'ultimo viene fissato tramite tiranti elastici o fascette apposite passanti nel tessuto attraverso asole rinforzate da occhielli.



Fig. 266

Essi possono essere in alluminio, in ferro o in ottone. (Fig. 267)



MATERIALE - COLORE



Fig. 267

Il passaggio subito successivo è la creazione di T-top in composito, vetroresina o carbonio. (Figg. 268, 269)

In questo caso possiamo avere la semplice creazione di una lamina in composito in sostituzione della tela, appoggiandosi ai tubolari metallici, ma anche T-top ben più complessi in cui anche il roll bar strutturale è in composito. In questo caso vengono più comunemente definiti Hard-top e, come abbiamo già trattato nel paragrafo dei vetri, più volte si vestono con trasparenze, fisse o scorrevoli. (Figg. 270, 271)



Fig. 268



Fig. 269



Fig. 270

Spesso gli Hard-top assumono dimensioni talmente importanti da necessitare più punti di ancoraggio alla coperta, chiudendo il pozzetto al punto da confondersi con le sovrastrutture, andando più volte ad integrarsi con il parabrezza dell'unità. (Fig. 272)



Fig. 271



Fig. 272

- **Elementi aggiuntivi nelle unità a vela**

Le unità a vela difficilmente presentano elementi aggiunti se non in due casi: le torrette del timone/timoni o i rollbar per liberare il pozzetto dal trasto di randa.

Come per le consolle delle unità a motore, le torrette possono essere in legno resinato o in composito rinforzato con piastre di alluminio; (Fig. 273) la vetroresina resta il materiale più usato, anche se spesso viene sostituita dal carbonio. (Fig. 274)

Spesso le torrette sono interamente formate in alluminio.

La trasmissione al suo interno può essere tramite cavi in acciaio inox o più frequentemente con una catena alle cui estremità sono poi fissati i cavi in acciaio tramite le redance, anch'esse in acciaio inox.



Fig. 273



Fig. 274

Un'ulteriore tipologia, più complessa, è quella costituita da una trasmissione cardanica che, grazie agli ingranaggi conici, apporta una corretta riduzione degli sforzi necessari al movimento della pala. In questo caso gli ingranaggi possono essere di ottone, di alluminio o in acciaio inox.

(Fig. 275)



Fig. 275

In imbarcazioni più grandi, come per le unità a motore, si passa poi alla timoneria idraulica.

Per quanto riguarda i rollbar, la maggior parte delle unità a vela ne è sprovvista ed i pochi modelli che ne presentano uno tendono a far storcere il naso ai puristi della vela. In realtà, specie per le unità da crociera, il rollbar può diventare un elemento davvero comodo, utile per liberare il pozzetto dal trasto di manovra della randa che viene così installato sull'archetto, liberando il calpestio da inciampi, scotte e carrelli. (Figg. 276, 277)

Inoltre, avvicinando drasticamente il punto di sforzo della scotta della randa al boma, il trasto non è più necessario e viene sostituito da due bozzelli.



Fig. 276



Fig. 277

3.5.7 Extra

In questo paragrafo andremo ad analizzare i possibili elementi di arredo non strutturale aggiunti all'esterno delle unità. Infatti, in proporzione alle dimensioni, accresce la quantità di possibili "gadget" aggiunti/aggiungibili all'esterno dell'oggetto barca, tra le possibili scelte di optional voluti dall'armatore o semplicemente come da progetto standard.

Di seguito andremo quindi ad elencare una serie di componenti, sia fisse che removibili, atte a facilitare la vita di bordo e migliorarne il comfort.

- **Cucine esterne**

Sia che si tratti di un natante che di un 24 m, la cucina in pozzetto o su un sundeck è sempre un plus ricercato.

Questo implica a seconda dell'allestimento, il passaggio di corrente elettrica, di acqua in pressione e in alcuni casi di gas.

(Figg. 278, 279)



Fig. 278



Fig. 279

Accennando al gas in realtà è utile sottolineare come stia lentamente scomparendo dalle unità da diporto cedendo il posto alle piastre elettriche. Nonostante questo, fino a qualche anno fa il gas a bordo era invece uno standard, per cui bisognava alloggiare una o più bombole in appositi gavoni arieggiati, isolati dal resto dell'unità obbligatoriamente posti all'esterno e non in cabina o in sala macchine (ISO 10239). (Fig. 280)



Fig. 280

Per evitare corrosione o arrugginimento della bombola, essa viene alloggiata in appositi contenitori in polietilene con valvole in ottone. Le condotte rigide sono in acciaio inox, in ottone, in rame, mentre le tubature flessibili sono un multistrato PE-X/AL/Pe-X, composte quindi da uno strato interno di polietilene reticolato PE-X, uno strato di alluminio AL e un secondo strato esterno in polietilene reticolato PE-X. Talvolta è possibile trovare un secondo strato isolante/protettivo in polipropilene PP. (Fig. 281, 282, 283)

Polietilene

PE-X/AL/Pe-X

Polipropilene



Fig. 281

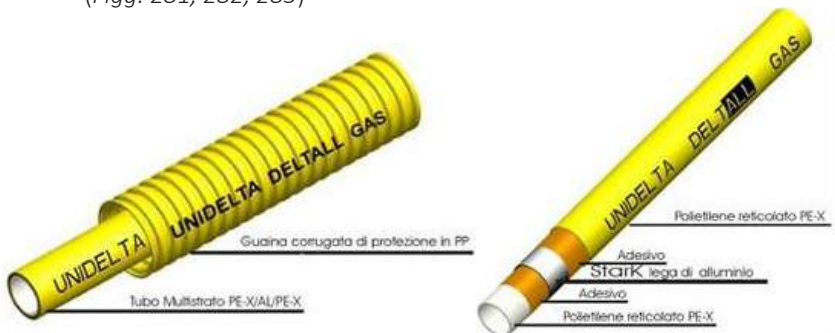


Fig. 282

Fig. 283

Vetro Cristallo
Ghisa
Acciaio Inox

I piani cottura quindi possono operare con fuochi tradizionali, con piastra e bruciatori interamente in acciaio inox e copri-spartifiamma in ghisa smaltata o ottone.

I più moderni spesso hanno un rivestimento in Vetro Cristallo. Possiamo trovare anche piastre grill in ghisa oppure griglie in inox.

L'assenza di una bombola del gas è però nettamente più sicura, motivo per cui lentamente i cantieri hanno preferito adottare prima le piastre in vetroceramica e successivamente quelle a conduzione.

Vetroceramica

Le piastre in vetroceramica sono composte da una scocca in acciaio inox con all'interno una bobina elettrica che al passaggio di corrente genera calore. La copertura del piano è data appunto da una piastra in vetroceramica, un particolare materiale che unisce le proprietà come trasparenza e durezza del vetro alla resistenza al calore e agli shock termici tipici della ceramica. (Fig. 284)

Le piastre più utilizzate però sono quelle ad induzione, anch'esse con una bobina al suo interno che però funge alla creazione di un campo magnetico. In questo caso il calore viene creato solo se c'è passaggio di corrente tra la bobina e la pentola, che quindi deve essere con fondo ferroso o con leghe ferrose. (Fig. 285)



Fig. 284



Fig. 285

Plexiglass
ABS

Per quanto riguarda i lavelli invece, sono quasi sempre in acciaio Inox oppure in Plexiglass laccato. (Figg. 286, 287)

Saltuariamente troviamo lavelli stampati in ABS. I miscelatori usati all'esterno sono in acciaio Inox.



Fig. 286



Fig. 287

Acciaio inox
ABS
Schiuma poliuretanica
espansa
PVC

- **Elettrodomestici di vario genere**

Su imbarcazioni di piccole dimensioni probabilmente all'esterno non troveremo nient'altro se non una ghiacciaia a pozzetto, tutt'al più un piccolo frigorifero.

La ghiacciaia a pozzetto è solitamente stampata in vetroresina o in materiale plastico, con un piccolo scambiatore di calore al suo interno. Salendo di dimensioni accrescono però i comfort, motivo per cui sarà sempre presente il frigorifero, talvolta dotato di freezer, oltre che un Ice-Maker per la produzione del ghiaccio. Quasi sempre il materiale utilizzato per le scocche esterne è l'acciaio inox, all'interno invece troviamo l'ABS. La coibentazione è in schiuma poliuretanica espansa mentre le guarnizioni sono in PVC.

- **Passerelle e transformers**

Le passerelle o transformers di poppa sono sbracci meccanici, manuali o elettroidraulici, che facilitano la discesa al mare o la salita a bordo dalla banchina. Ne esistono di differenti tipologie, con più sfilì e di differenti materiali. (Figg. 288, 289, 290, 291, 292)



Fig. 288



Fig. 289



Fig. 290



Fig. 291

Le passerelle più semplici sono quelle completamente in alluminio, leggere e resistenti. Sono quasi sempre manuali, non sono provviste di pistoni di tenuta ma lavorano in appoggio sulla banchina. Talvolta possono presentare porzioni in adesivi antisdrucchiolo.



Fig. 292

Copoliestere
termoplastico TPC
Vetroresina
Carbonio
Gelcoat
Teak

Successivamente si passa a passerelle sempre manuali con telaio in alluminio e calpestio creato da un carabottino di teak. Talvolta può essere formato anche da doghe trasversali o più raramente longitudinali.

Alcune passerelle amovibili spesso offrono la possibilità di poter essere galleggianti, questo grazie all’utilizzo di materiali leggeri come il COPOLIESTERE TERMOPLASTICO TPC.

Per concludere la categoria di passerelle manuali, esistono quelli in composito, quindi vetroresina o carbonio. Esse possono essere lasciate in composito a vista con solo uno strato superficiale di laccatura, oppure Gelcoatate o verniciate con antiskid. In alternativa possono essere rivestite sia in legno di teak che con legni sintetici.

Tutte le passerelle manuali possono essere a singolo stelo oppure ripiegabili in 2 o più porzioni con cerniere in acciaio inox.

Più complesse invece sono le passerelle idrauliche, che hanno il vantaggio di autosostenersi. L’intelaiatura solitamente è composta da sfilì cilindrici in lega leggera di alluminio, mentre il calpestio è sempre in legno di teak oppure in materiali sintetici antiscivolo.

Il pistone oleodinamico è un oggetto complesso composto da più componenti di differenti materiali. (Figg. 293, 294)

Principalmente abbiamo acciaio, acciaio Inox e ghisa per il corpo principale, mentre per le guarnizioni possiamo avere differenti materiali tra cui il PTFE, PU, NBR, GOMME NITRILICHE.

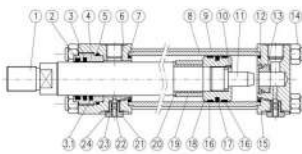
Un materiale molto utilizzato nelle guarnizioni di tenuta alle alte pressioni è l’MCF 80, un composto di resina termoindurente e PTFE rinforzata da tessuti sintetici.

Ghiere e valvole di tenuta invece sono in bronzo.

PTFE
PU
NBR
Gomme Nitriliche
MCF 80
Bronzo



Fig. 293



N°	DENOMINAZIONE	MATERIALE
1	Endo	Acciaio inossidabile
2	Spina d'ancoraggio	Polietilene / PTFE
3	Guarnizione statica	Polietilene / PTFE
3.1	2° guarnizione statica (opzionale)	NBR + PTFE
4	Flussello di guida	Cassa d'olio
5	Guarnizione OR + PTFE	NBR + polietilene
6	Pistone	Acciaio
7	Guarnizione OR + PTFE	NBR + polietilene
8	Cassa	Acciaio
9	Trapano	Acciaio
10	Spina d'ancoramento	Acciaio
11	Spina d'ancoramento	Acciaio
12	Spina d'ancoramento	Acciaio
13	Flussello d'ancoramento	Acciaio
14	Cassa d'ancoramento	Acciaio
15	Flussello d'ancoramento	Acciaio
16	Flussello d'ancoramento	PTFE
17	Guarnizione statica	Polietilene / PTFE
18	Pistone	Acciaio
19	Flussello d'ancoramento	Acciaio
20	Flussello d'ancoramento	Acciaio
21	Flussello d'ancoramento	Acciaio
22	Spina d'ancoramento	Acciaio
23	Guarnizione OR + PTFE	NBR + Polietilene
24	Guarnizione statica	NBR

Fig. 294

Acciaio Inox

- **Argani e gruette**

Per il varo/alaggio di un ipotetico tender, abbiamo varie tipologie di argani/gruette. Le più semplici nonché le più tradizionali sono formate da tubolari in acciaio inox. Possono essere manuali in caso di tender di piccole dimensioni, utilizzando semplicemente dei rimandi tramite bozzelli, oppure motorizzate. Anche la movimentazione può essere manuale o idraulica. (Fig. 295)



Fig. 295

Carbonio

Restando tra gli argani manuali, possiamo avere anche molti esempi di manufatti in composito, principalmente carbonio. (Fig. 296)

È opportuno che il fissaggio al ponte o alle sovrastrutture avvenga in prossimità di un rinforzo; inoltre è necessario utilizzare una piastra in acciaio inox per distribuire gli sforzi e, se accessibile, una contropiastra appoggiata da sotto su cui tirare i bulloni. (Fig. 297)



Fig. 296



Fig. 297

Sul mercato possiamo trovare argani e gru a più sfilì. La cinematica avviene tramite pistoni idraulici su binari in acciaio inox. Spesso queste gru sono coperte da carter in vetroresina per integrarle maggiormente nell'oggetto barca. (Figg. 298, 299)



Fig. 298



Fig. 299

Alluminio
Acciaio Inox
Carbonio
Poliestere
Poliestere resinato

• Tendalini

Abbiamo già accennato ai tendalini parasole trattando dei T-top in tessile, ma esiste un ampio ventaglio di soluzioni per ripararsi dal sole. In imbarcazioni più piccole il tendalino, anche detto bimini, è quasi sempre inferito su una struttura tubolare in alluminio o in acciaio inox, mentre la capottina è in poliestere o in poliestere resinato. (Figg. 300, 301, 302)



Fig. 300



Fig. 301



Fig. 302

PVC

Possiamo trovare inoltre teli in poliestere ricoperti da uno strato di PVC. Il materiale non cambia anche per i bimini di unità più grosse, ciò che cambia è la tessitura. Infatti aumentando la superficie aumentano gli stress a cui la tela verrà sottoposta, per questo solitamente i tessuti sono intrecciati almeno su assi. Resta la pelle esterna sia interna che esterna in PVC protettivo. Sempre in PVC sono le porzioni trasparenti. I tendalini possono essere fissati in più modi: con cordame/tiranti, con clip o moschettoni in acciaio inox, con cerniere lampo (Nylon, Alluminio, Ottone o Poliestere), con bottoni in Acciaio Inox o con i cosiddetti “funghetti” in Nylon. (Figg. 303, 304, 305, 306)

Nylon
Alluminio
Ottone
Poliestere



Fig. 303



Fig. 304



Fig. 305



Fig. 306

3.5.8 Vela

Le differenze tra una barca a vela ed una barca a motore chiaramente sono molteplici considerando l'apparato propulsivo, le forme di carena o le geometrie della coperta, ma prendendo in esame gli allestimenti esterni in realtà si limitano a poche modifiche per lo più atte alla navigazione a vela.

Più che differenze in realtà possiamo parlare di elementi aggiuntivi di cui un'unità a motore non necessita e, per meglio descriverle, possiamo suddividerle in tre categorie:

- Albero/boma e manovre fisse
- Manovre correnti
- Accessori di coperta

- **Albero/boma e manovre fisse**

Le unità a vela sotto i 24 metri possono essere mono o bialbero a seconda della tipologia di barca. In base al numero di alberi si possono suddividere in ulteriori sottocategorie (sloop, cutter, yawl, ketch, goletta...) ma, a prescindere dalla denominazione, non sono molti i materiali utilizzati per la creazione delle alberature nelle unità da diporto.

In passato, nelle unità tradizionali l'albero era in legno, materiale che con la nascita della nautica prodotta in serie ha lasciato spazio ad altri materiali meno nobili ma dalle prestazioni sempre migliori.

Intanto è bene sottolineare che esistono due tecniche costruttive: la prima implica l'albero passante, ovvero che attraversa la coperta all'interno di una mastra e va a scaricare in chiglia, alla quale viene fissato.

(Fig. 307)

Nel secondo caso, solitamente utilizzato in barche non troppo grandi, il piede dell'albero appoggia sulla coperta, la quale dovrà essere opportunamente rinforzata per evitare la flessione del ponte.



Fig. 307

I materiali principali utilizzati sono due, ognuno con i suoi vantaggi ed i suoi svantaggi: alluminio e carbonio.

Gli alberi in alluminio sono i più utilizzati nel diporto, data la loro semplicità di produzione e il prezzo nettamente inferiore al carbonio. (Fig. 308)

Inoltre la buona flessibilità dell'alluminio permette all'albero di adattarsi al meglio alle più svariate condizioni



Fig. 308

Alluminio
Carbonio

senza soffrire eccessivamente le brusche deformazioni a cui viene sottoposto. Nonostante questo il carbonio resta un'ottima alternativa date le prestazioni comparate alla leggerezza.

(Fig. 309)

Che sia un albero in alluminio o in carbonio, al suo interno corrono le drizze, utili ad issare ed ammainare le vele, che sono rimandate attraverso delle pulegge.

(Figg. 310, 311)



Fig. 309



Fig. 310

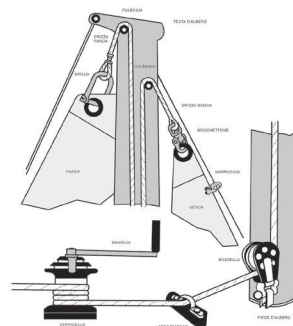


Fig. 311

Queste pulegge possono essere di diversi materiali a seconda del carico che devono sostenere e al materiale del cavo che scorre su di esse.

Tra le più prestanti abbiamo le pulegge in Delrin, una resina acetica, ottima alternativa per sostituire componenti in acciaio. Se le pulegge sono all'esterno viene utilizzato il Delrin caricato al carbonio, molto più resistente ai raggi UV.

Nylon

ABS

PTFE

Acciaio zincato

Acciaio Inox

Alluminio

Delrin

Ci sono poi le pulegge in Nylon, in ABS, in PTFE, in acciaio zincato, in alluminio e in acciaio Inox. Solitamente le pulegge sono poste su un distanziale in acciaio Inox.

In caso di sforzi elevati, ad esempio sul tendipaterazzo, ci sono apposite pulegge in titanio con guance laterali in Delrin. (Figg. 312, 313)



Fig. 312



Fig. 313

Esiste poi un'altra tipologia di pulegge, detta "sufere" o "autocontenute", in cui la ghiera esterna è separata dal distanziale grazie all'utilizzo di sfere. (Figg. 314, 315, 316, 317, 318)

Questi cuscinetti a sfera possono essere in Derlin, in alluminio, in acciaio, in Nylon; tra i più prestanti abbiamo i cuscinetti in Torlon PAI, un polimero termoplastico con un'ottima resistenza a compressione e all'usura e che gode di una stabilità dimensionale particolarmente interessante per questo scopo, vista la bassa dilatazione termica e all'ottima stabilità anche ad alte temperature.



Fig. 314



Fig. 315



Fig. 316



Fig. 317



Fig. 318

All'interno dell'albero non corrono solamente le drizze ma anche tutti i collegamenti elettrici delle possibili apparecchiature di rilevazione (anemometri e windex), di illuminazione e satellitari. (Fig. 319)

Se le drizze si fermano in coperta, buona parte dei collegamenti elettrici invece prosegue sottocoperta uscendo dal piede dell'albero.

Per evitare possibili infiltrazioni spesso vengono inserite delle canaline in PVC. (Fig. 320)



Fig. 319



Fig. 320

ABS

Imbarcazioni più grandi inoltre hanno la possibilità di avere un avvolgiranda, manuale o elettrico. Le componenti sono in acciaio Inox, alluminio e ABS. (Fig. 321)



Fig. 321

Sull'albero sono fissate le crocette, necessarie a diminuire l'angolo con cui le sartie intersecano l'albero stesso, migliorandone la compressione sulla coperta e riducendo contemporaneamente lo sforzo di trazione di esse. (Fig. 322)

Alluminio
Carbonio



Fig. 322

Le crocette, anch'esse in alluminio o in carbonio, vengono fissate all'albero solitamente lasciando un minimo grado di libertà di adattarsi alle deformazioni a cui l'albero è soggetto. Esistono due tecniche principali per giuntare le crocette all'albero: esse possono essere vincolate su un supporto che abbraccia l'albero oppure su una piastra con bulloni passanti nell'albero. (Figg. 323, 324)

In ogni caso il supporto è in acciaio Inox o in alluminio.



Fig. 323



Fig. 324

L'albero per restare in posizione necessita quindi di un sistema di cavi che rientrano tra le "manovre fisse" o "manovre dormienti". Questi cavi assumono nomi differenti a seconda della loro posizione. Le sartie tengono in compressione l'albero spingendo sulle crocette in senso trasversale, lo strallo o gli stralli lavorano in longitudinale vincolando l'albero alla prua, il paterazzo (singolo o sdoppiato) vincola l'albero alla poppa.

Acciaio Galvanizzato

Acciaio Inox AISI 316

Nitronic 50

Kevlar
Dyneema
Pbo

Possiamo avere differenti tipologie di cavo:

- **Cavo atlantico:** molto economico, è il primo cavo metallico usato per il sartiame, ormai quasi completamente in disuso. È una cima in acciaio galvanizzato formato da una serie di trefoli intrecciati. (Fig. 325)
- **Cavo spiroidale:** è il più utilizzato, specie in imbarcazioni da crociera. Lo spiroidale è costituito da un mono trefolo in acciaio inossidabile AISI 316, solitamente di tipo 1X19, cioè costituito da un singolo trefolo di 7 fili ricoperto da una camicia di 12 fili. (Fig. 326)
- **Cavo compattato:** conosciuto anche come cavo Dyform, ha delle prestazioni maggiori rispetto al cavo spiroidale, senza però diventare una soluzione particolarmente onerosa. Viene realizzato dando ai fili mdi acciaio inossidabile Aisi 316 che lo compongono una particolare conformazione in fase di lavorazione in modo tale da appiattirli, rendendo l'insieme più compatto all'interno e anche più omogeneo esternamente. (Fig. 327)
- **Tondino:** tra i cavi in acciaio è il più prestante, con un costo che può arrivare anche a due volte quello di un normale cavo spiroidale. È un monofilo di acciaio inossidabile Nitronic 50, una lega particolarmente resistente alla corrosione e con una capacità di resistere allo snervamento doppia del normale Aisi 316. (Fig. 328)
- **Cavi in fibra sintetica:** raramente utilizzati in unità da diporto, sono i più costosi e performanti, pesano fino all'80% in meno rispetto ad un cavo in tondino. Sono formati da fibre disposte unidirezionalmente che subiscono differenti metodi di lavorazione, principalmente la tessitura in fibre parallele (richiede una chiusura meccanica o per incollaggio ai due terminali) oppure l'avvolgimento filamentare. Le fibre utilizzate sono Kevlar, Dyneema e Pbo. (Fig. 329)



Fig. 325



Fig. 326



Fig. 327



Fig. 328



Fig. 329

Acciaio galvanizzato

Acciaio zincato

Ottone

Bronzo

Ogni sartia arriva in coperta con un arridatoio o tornichetto, un sistema di aggancio che permette la regolazione del tensionamento della sartia tramite rotazione. (Fig. 330) Essi sono in acciaio inox, in acciaio galvanizzato, in acciaio zincato, in ottone o in bronzo.



Fig. 330

Gli arridatoi vengono poi fissati su appositi supporti, che nelle unità più piccole sono dei semplici anelli che mordono il ponte di coperta in prossimità della falchetta o comunque di un rinforzo, mentre in barche più grosse sono vere e proprie piastre di acciaio con una contropiastre di rinforzo da sotto. (Figg. 331, 332)



Fig. 331



Fig. 332

Alluminio

Anche il boma può essere in alluminio o in carbonio e si aggrappa all'albero tramite una trozza, un giunto che lascia massima libertà di movimento. La trozza può essere in alluminio o lega di alluminio, acciaio zincato, acciaio galvanizzato e acciaio inox. (Figg. 333, 334)

Nel caso in cui la randa venga rollata nel boma, avremo un tubo interno solitamente anch'esso in alluminio. (Fig. 335)



Fig. 333

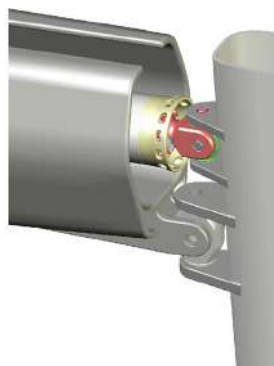


Fig. 334

Alluminio
Acciaio Inox
Carbonio

La trozza lascia massima libertà al boma che, alle andature portanti, tende ad alzarsi ed è quindi necessario il posizionamento di un paranco che ne contrasti la salita. Il paranco da solo può bastare in caso di unità di piccole dimensioni, ma all'aumentare delle forze in gioco è utile inserire un vang rigido, idraulico o a gas.



Fig. 335

Il vang non è altro che un pistone che entra in aiuto al paranco per una regolazione più precisa della base della randa. Esso può essere in alluminio, in acciaio inox, ma anche in carbonio. (Figg. 336, 337)



Fig. 336



Fig. 337

Questo elemento è fondamentale, anche se tende ad ingombrare particolarmente l'area a poppavia dell'albero e per questo nel corso degli anni sono state sperimentate alternative come lo gnava (vang scritto al rovescio) che lavora dall'alto in compressione, cioè al contrario di un vang tradizionale. (Fig. 338)

Nonostante questo, il vang resta la soluzione più utilizzata, specie nei cruiser.

Altri elementi spesso presenti nelle unità a vela sono i bompressi e le delfiniere, utili ad avanzare il centro velico ed aumentare la superficie velica portando più avanti possibile il punto di mura delle vele di prua come fiocco, genoa o gennaker.



Fig. 338

La delfiniera, elemento fisso, solitamente è in vetroresina, in carbonio o più raramente in alluminio. Il bompresso al contrario può essere fisso, estraibile o completamente removibile a seconda delle unità. Anch'esso può essere in acciaio inox, in alluminio o in carbonio.

(Figg. 339, 340, 341)



Fig. 339



Fig. 340



Fig. 341

Degli stessi materiali sono composti i tangoni, aste puntate all'albero che servono per offrire un punto di mura variabile alle vele per andature portanti come gli spinnaker. (Fig. 342)



Fig. 342

- **Manovre correnti**

Abbiamo evidenziato le differenze principali tra un'unità a vela ed una a motore, soffermandoci in particolare sugli elementi "scheletro" necessari a sostenere l'apparato propulsivo: le vele.

A questo punto possiamo elencare rapidamente l'insieme di manovre correnti atte alle regolazioni dinamiche durante la navigazione a vela.

Acciaio Inox
 Alluminio Anodizzato
 Carbonio
 Teflon
 Nylon
 Acciaio
 ABS
 Delrin
 Delrin al carbonio
 Torlon PAI

Possiamo grossolanamente suddividere le attrezzature in 4 categorie:

- Rimandi, bozzelli e paranchi
- Stopper e strazzascotte
- Winch
- Carrelli e trasti

• Rimandi, bozzelli e paranchi

Piccoli (relativamente) elementi fondamentali alla creazione dei cosiddetti circuiti, ovvero i “percorsi” che le drizze e le scotte devono compiere per demoltiplicare gli sforzi e per essere rimandati dove è più pratico usufruirne.

I rimandi non sono altro che deviazioni dei circuiti delle manovre con la funzione di creare angoli di lavoro ottimali, e per questo devono offrire scorrevolezza e resistenza senza però risultare di intralcio.

Esistono differenti tipologie per i diversi carichi che devono sostenere, possono essere dotati di puleggia/pulegge (con o senza cuscinetti a sfera) oppure di anelli passanti. Ne esistono di standard, di apribili, a frizione, ecc. (Figg. 343, 344, 345, 346, 347, 348)

Principalmente i materiali più utilizzati sono Acciaio Inox, Alluminio Anodizzato, Carbonio, Teflon ad alto carico, Nylon, Acciaio, ABS, Delrin, Delrin al carbonio e Torlon PAI.



Fig. 343



Fig. 344



Fig. 345



Fig. 346



Fig. 347



Fig. 348

- **Stopper e strozzascotte**

Sia che si tratti di un circuito di drizze che di scotte, ad un certo momento della manovra è necessario poter bloccare il cordame per svariati motivi (liberare un winch o semplicemente mantenere una regolazione costante). A questo scopo entrano quindi in gioco degli elementi appositamente progettati per chiudere un circuito in maniera definitiva (stopper) oppure rapidamente regolabile/sbloccabile (strozzascotte).

Gli stopper, al 95% utilizzati per le drizze, serrano quest'ultime allo scopo di mantenere issate le vele (o chiudere un circuito) e libare quindi il winch per utilizzarlo in altre manovre. (Figg. 349, 350, 351, 352)

Esistono stopper semplici con solo il sistema di apertura/chiusura come invece quelli più prestanti, per regolazioni di fino, a lento rilascio o a rilascio modulabile



Fig. 349



Fig. 350



Fig. 351



Fig. 352

Alluminio anodizzato
Acciaio Inox
Vetroresina
Carbonio

La grande maggioranza degli stopper per il diporto presenti sul mercato possono essere in lega di alluminio anodizzata, acciaio inox, in vetroresina ed in carbonio.

Al contrario delle drizze, le scotte hanno bisogno di poter essere bloccate e sbloccate più frequentemente per modificare l'apertura e chiusura del piano velico a seconda del bordo, della direzione del vento e della sua intensità.

A questo scopo troviamo installati a bordo gli strozzascotte che a seconda della rapidità di manovra e di carico da sostenere possono essere fissi o variabili.

Alluminio anodizzato
Acciaio Inox
Nylon

Gli strozzascotte fissi vengono solitamente installati su natanti di piccole dimensioni o comunque per strozzare cime di diametro minimo atte a sostenere bassi carichi di lavoro. Sono principalmente monolitici in acciaio inox, in alluminio anodizzato ed in Nylon. (Figg. 353, 354)



Fig. 353



Fig. 354

Al contrario gli strozzascotte variabili possono sopportare carichi ben più elevati ma per farlo hanno bisogno di un meccanismo di ritorno a molla che vada a mordere la cima, lasciandola correre in una direzione e strozzandola in direzione opposta. (Figg. 355, 356, 357)

Nei casi più performanti gli strozzascotte in nylon presentano un'anima in acciaio inossidabile nella parte dentata così da evitarne il consumo eccessivo e mantenere le performance nel tempo, oltre a scorrere attorno ad un perno tramite cuscinetti a sfera.

Questa tipologia di strozzascotte può essere in acciaio inox, in alluminio anodizzato, in carbonio, in Nylon, con sfere in Derlin, in acciaio inox o in Torlon.

Alluminio anodizzato
Acciaio Inox
Carbonio
Nylon
Derlin
Torlon PAI



Fig. 355



Fig. 356



Fig. 357

- **Winch**

La demoltiplica delle forze tramite rimandi spesso non è sufficiente per permettere di utilizzare una determinata manovra senza troppi sforzi, magari da una sola persona. Per questo motivo vengono introdotti i winch, leve rotanti attorno ad un fulcro sulla quale viene applicata una forza attraverso una maniglia; l'ingranaggio/i interni aumentano la potenza di tiro. In un winch fermo si può calcolare il rendimento dividendo il raggio del winch per la lunghezza della leva.

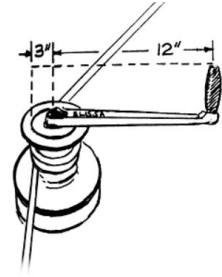


Fig. 358

Nella *figura 358* ad esempio il rendimento è di 4:1.

Inoltre il meccanismo interno al winch ne permette una riduzione a due/tre velocità, allungando o accorciando il braccio di leva in modo da poter lasciare velocemente quando il carico è basso, per poi cambiare marcia ed ottenere così una leva maggiore all'aumentare del carico.

Esistono winch senza manuali e winch controllati elettronicamente. Tralasciando come viene impressa la forza, il principio resta comunque il medesimo, come i materiali utilizzati.

Gli ingranaggi interni come le gabbie a rullo sono in acciaio inox, i vari nottolini possono essere anche in bronzo. Sono presenti ghiere distanziali in Nylon. La campana esterna invece può essere in differenti materiali: Alluminio Anodizzato, in acciaio inox, in vetroresina, in carbonio, in bronzo. Per natanti di piccole dimensioni possiamo trovare winch stampati in fibra di Nylon.

I winch dotati di self-tailing, un sistema di strozzaggio delle cime direttamente sul winch, presentano un collarino in nylon, carbonio o acciaio inox sulla parte superiore della campana.

Le maniglie sono solitamente dello stesso materiale della campana e le più performanti ruotano attorno a cuscinetti a sfera in Derlin, in acciaio inox o in Torlon. (*Figg. 359, 360, 361*)



Fig. 359



Fig. 360



Fig. 361

Acciaio Inox

Bronzo

Nylon

Alluminio Anodizzato

Vetroresina

Carbonio

Derlin

Torlon PAI

Alluminio anodizzato
Nylon
Teflon
Darlin
Torlon PAI
Acciaio Inox

• Carrelli e trasti

Vi è poi un'ultima categoria di ferramenta utile alle manovre correnti: i carrelli ed i trasti.

Entrambi sono dei punti di sforzo delle scotte regolabili longitudinalmente o trasversalmente lungo delle rotaie. (Figg. 362, 363, 364)

Le rotaie sono in alluminio anodizzato, il carrello di scorrimento invece può essere o direttamente in fibra di Nylon o in Teflon ad alta resistenza oppure a scorrimento su sfere in Darlin o Torlon. Questi sistemi possono essere utilizzati per la randa (trasto), per il fiocco (coppia di carrelli semplici o autovirante centrale), per il Genoa oppure per altre piccole regolazioni come il tesabase della randa.



Fig. 362



Fig. 363



Fig. 364

In ultimo possiamo accennare ai materiali utilizzati per la creazione delle vele.

Le vele infatti possono essere prodotte in differenti materiali, a seconda dell'anno e della tipologia di unità.

Possono essere inoltre ricavate attraverso processi alternativi tra loro come filatura, tessitura e laminazione.

Le vele più tradizionali, utilizzate da oltre 60 anni nel diporto nautico, sono in tessuto poliestere.

Un tessuto molto resistente è quello a base di Aramid-Kevlar®, di cui esistono differenti varianti:

1. Aramid-Kevlar tipo 29
2. Aramid-Kevlar tipo 49
3. Twaron
4. Technora

Aramid-Kevlar®

Dyneema

Nylon

Vectran

Dacron

Pentex

PBO Zylon

Kevlar-Carbonio

Cuben Fiber

Carbonio

Vetroresina

Resina vinilestere

Resina epossidica

Abbiamo poi vele prodotte utilizzando una particolare fibra sintetica a base di polietilene detta Dyneema.

Abbastanza comuni sono le vele in Nylon, che possono essere ottenute sia tramite filatura che tessitura.

Un materiale molto performante è il Vectran, costituito da poliestere con struttura molecolare di tipo aramidico.

Molto performante è anche il Dacron, una tipologia particolare di tessuto in poliestere.

Un'alternativa al Dacron è il Pentex, una fibra di poliestere di naphthalo di polietilene.

Esiste poi una modalità di produzione detta Taffetà, che in generale indica tessuti leggerissimi (per esempio la seta) che per le vele si trasforma in Taffetà nautico, un tessuto leggerissimo a base di poliestere stratificato su laminati, principalmente carbonio, per una miglior resistenza ai raggi UV, ma anche a strappi, pieghe o abrasioni.

Le vele in solo carbonio sono leggere e performanti, ma sono poco resistenti a pieghe nette e le lamine che si creano tendono a deteriorare rapidamente.

Una fibra sicuramente migliore per questo utilizzo, ma molto costosa, è quella di PBO Zylon.

Vista la possibilità di stratificazione e laminazione, si possono considerare anche vele ottenute con processi di laminazione mista, ad esempio le vele in Kevlar-Carbonio.

Recentemente sono stati sperimentati tessuti rientranti tra gli smart material a base di grafene: tra questi ha preso piede nella produzione di vele un tessuto detto Cuben Fiber, ottenuto attraverso la tessitura di fibre di Spectra vulcanizzate con polvere di grafite.

Alcune vele necessitano inoltre di essere steccate per rinforzare il lato sprovvisto di struttura, la balumina, che senza stecche tende a vibrare. Le stecche migliorano inoltre la forma della vela e permettono la creazione di rande più allunate, fino ad arrivare alle square-top. Le stecche sono in vetroresina, in resina vinilestere, in resina epossidica ed in carbonio.

3.5.9 Battelli pneumatici

I battelli pneumatici, comunemente chiamati gommoni, sono unità che presentano dei tubolari contenenti aria compressa che li rendono pressoché inaffondabili, resistenti agli urti e con una stabilità trasversale maggiore rispetto ad un'unità tradizionale. Grazie alle riserve di galleggiamento laterali inoltre può imbarcare un peso considerevolmente maggiore a barche di pari lunghezza. Nati come mezzi completamente smontabili, lentamente hanno subito una sostanziale trasformazione fino ad arrivare ai maxi-Rib dei nostri giorni. Innanzitutto possiamo individuare 3 tipologie di battelli pneumatici:

- Battelli con chiglia pneumatica
- Battelli con chiglia rigida
- RIB o RHIB (Rigid-Hulled Inflatable Boat)

- **Battelli con chiglia pneumatica**

Sono realizzati interamente con tubolari e tessuti impermeabili, il fondo può essere piatto, con solo tessuto o pneumatico, oppure sagomato a V con un tubo di tessuto gonfiato ad alta pressione che disegna la linea di chiglia. (Figg. 365, 366)



Fig. 365



Fig. 366

- **Battelli con chiglia rigida**

Sono molto simili ai battelli interamente pneumatici con la differenza che il fondo e la chiglia vengono steccate con assi in compensato marino, in vetroresina o in carbonio. (Fig. 367)

Compensato marino
Vetroresina
Carbonio



Fig. 367

- **RIB o RHIB (Rigid-Hulled Inflatable Boat)**

Questi battelli pneumatici sono vere e proprie unità che accoppiano i tubolari gonfiabili alla costruzione di scafo e coperta in composito o metallo (alluminio).

(Figg. 368, 369)



Fig. 368



Fig. 369

Solitamente sono unità a motore plananti, anche se negli anni sono state sperimentate anche ibridazioni tra la tecnologia del RIB e carene semidislocanti e dislocanti, addirittura con la presentazione di un'unità a vela. In alcuni casi i tubolari sono completamente appoggiati al galleggiamento, altri sono più alti e stabilizzano solo in caso di rollio, altri ancora li posizionano solo nella porzione poppiera in appoggio, senza prolungarli fino a prua. (Figg. 370, 371, 372)



Fig. 370



Fig. 371



Fig. 372

Che sia un piccolo tender o un'imbarcazione di 20 metri (il gommone più lungo al mondo misura 23,98 metri fuori tutto) esistono due tipologie di tubolari: tubolari Inflatables e tubolari in schiuma.

La differenza è semplice, gli inflatables, i più utilizzati da sempre, sono reali pneumatici gonfiati ad aria compressa, mentre invece nel secondo caso sono riempiti di particolari schiume a cellule chiuse. Aumenta il peso ma anche la sicurezza poiché non si sgonfiano anche in caso di danno.

INFLATABLES

Il rivestimento esterno viene effettuato con la stratificazione di materiali impermeabili esterni con un'anima strutturale interna. Esistono due tipologie di produzione dei tubolari inflatables:

- **Tubolari in PVC**

Sono i più utilizzati specie nelle unità più piccole, sono costituite da un tessuto interno in poliestere ordito tra i 990 e i 1100 denari che offre un'ottima stabilità dimensionale, aumentando la capacità di sopportare sforzi a trazione e proteggendo dalle possibili lacerazioni.

Il tessuto è interposto a due strati di PVC che invece proteggono il tessuto dalle abrasioni, dagli agenti atmosferici e da possibili agenti chimici come olii o solventi.

(Fig. 373)

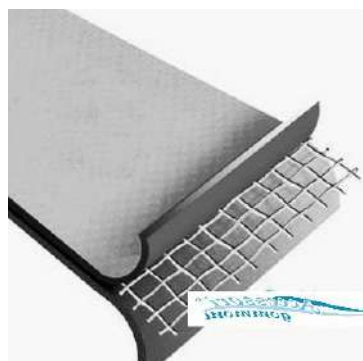


Fig. 373

- **Tubolari in Neoprene/Hypalon**

Anche in questo caso si tratta di una stratificazione, con la differenza che la pelle esterna e la pelle interna sono costituite da materiali differenti atti a migliorare le performance finali del tubolare.

Il tessuto interno è sempre in poliestere ordito tra i 990 e i 1100 denari. Il tessuto viene poi rivestito da entrambi i lati in Policloroprene CR, mentre solo sul lato esterno viene aggiunto un layer di Hypalon, un Polietilene Clorosolfonato CSM.

(Fig. 374)



Fig. 374

PVC

Policloroprene CR
Hypalon
Polietilene
Clorosolfonato CSM

Neoprene/Hypalon
Adeprene

Che siano in PVC o in NEOPRENE/HYPALON, i tubolari vengono incollati attraverso la sovrapposizione di fettucce di tessuto alla vetroresina con interposti collanti apposti. Il più utilizzato è l'Adeprene, un adesivo policloroprenico bicomponente.

Con gli stessi adesivi vengono poi incollati sui tubolari i terminali (o code), maniglie, ganci, strisce di protezione/estetiche, bitte ed altri accessori, tutti in PVC. (Figg. 375, 376, 377)



Fig. 375



Fig. 376



Fig. 377

TUBOLARI IN SCHIUMA

Come anticipato nelle premesse, questa tipologia di tubolari non è riempita con aria compressa, motivo per cui si per molti non è considerabile un reale gommone poiché non rispecchia la definizione di battello pneumatico. In realtà viene solamente sfruttata una tecnologia alternativa per raggiungere lo stesso obiettivo: una riserva di galleggiamento che renda l'unità inaffondabile, garantendo al tempo stesso protezione agli urti e stabilità trasversale.

Come spesso accade, questa tecnologia nasce a scopo bellico. Tra le priorità di un gommone militare infatti spicca quella di non perdere la riserva di galleggiamento data dai tubolari anche in caso di taglio o di colpo di arma da fuoco. I primi esempi di tubolare inaffondabile erano creati con l'inserimento all'interno dei tradizionali tubolari in Neoprene/Hypalon di un cilindro di poliuretano a cellule chiuse oppure di Ethil Vinil Acetate EVA a cellule chiuse. Solo il cuore del tubolare era un normale cilindro pneumatico. (Fig. 378)

Gli ultimi modelli di tubolari in espanso danno la possibilità di esser facilmente modellati con profili variabili, perdendo la tipica sezione circolare e guadagnando così centimetri preziosi all'interno. Vengono detti profili a D.

Grazie alla loro malleabilità possono essere inoltre sagomati per ottimizzare la superficie bagnata, andando quindi a contribuire attivamente all'idrodinamica dell'unità.

Il processo produttivo è opposto al sistema Inflatables:

vengono prima sagomati i profili in PU espanso o EVA, per poi essere rivestiti con i soliti tessuti tecnici di PVC o Neoprene/Hypalon. (Fig. 379)



Fig. 378



Fig. 379

Neoprene/Hypalon
Poliuretano cellule chiuse
Ethil Vinil Acetate EVA

3.6 Allestimento e rivestimento degli interni

In contemporanea alle fasi di rivestimento degli esterni si prosegue con l'allestimento degli spazi sottocoperta. Come per gli esterni, anno dopo anno gli ambienti interni hanno subito una drastica evoluzione che ha portato a una trasformazione degli stili, delle tecniche costruttive e dei materiali impiegati. Nel contesto del ragionamento di questo elaborato lo stile ed il design non sono certo il focus principale, bensì lo sono l'insieme di contaminazioni di nuovi materiali che la moda ha trasportato dalla terraferma alla nautica. Basta osservare le successive immagini per rendersi conto della complessità sempre maggiore che stanno assumendo gli interni delle unità da diporto che, a prescindere dalle dimensioni o dalla propulsione, ricercano sempre più un'esclusività che dia carattere e personalità al progetto, distaccandolo dai competitors. (Figg. 380, 381, 382, 383, 384, 385)



Fig. 380



Fig. 381



Fig. 382



Fig. 383



Fig. 384



Fig. 385

Con la stessa modalità adottata per l'analisi degli esterni, anche per gli ambienti sottocoperta procederemo con una suddivisione nelle seguenti categorie di interesse:

1. Legni e legni alleggeriti;
2. Metalli e leghe metalliche, ferramenta ed allacci agli impianti;
3. Cuscineria;
4. Pelli, ecopelli e pelli sintetiche;
5. Tessuti in fibra naturale e sintetica;
6. Pavimentazioni tessili: moquette;
7. Pietre, Eco-pietre ricostruite, finte pietre e alleggerimenti;
8. Altro (corian, gres e resine, rimex, vetri, plexiglas e altre trasparenze, carte da parati, vinilici, specchi)
9. Illuminotecnica;
10. Extra (elettrodomestici, amplificatori);

È da specificare che l'analisi è stata svolta basandosi sulle possibili scelte standard, senza quindi considerare casi particolari di armatori che richiedono tecnologie o materiali specifici, cosa che accade sempre più di frequente per le unità vicine al limite dei 24 metri.

3.6.1 Legni, pannelli di legno e pannelli alleggeriti

L'utilizzo del legno è sempre stato predominante negli interni delle unità da diporto, sia allo scopo di impreziosirne l'aspetto che la sua semplicità di utilizzo e la sua buona reperibilità.

Nel mondo esistono infinite varianti di legnami, ognuna con le sue proprietà meccaniche ed estetiche. Queste cambiano a seconda della provenienza del tronco. Gli alberi da cui derivano i legnami utilizzati nella costruzione nautica possono avere una duplice provenienza: possono essere estratti da conifere, note anche come sempreverdi, o dalle latifoglie.

I legnami vengono suddivisi in due grandi categorie, i legni duri, tendenzialmente ottenuti dalle latifoglie, ed i legni dolci estratti in genere dalle conifere, anche se è opportuno specificare che questa distinzione non è tassativa; esistono infatti legni estratti da latifoglie, come balsa e pioppo, che risultano essere più dolci rispetto ad altri ottenuti da conifere, come il legno di pino.

Successivamente vi è poi un'ulteriore catalogazione in sottocategorie specifiche a seconda della pressione che sono in grado di sostenere.

In ordine abbiamo:

- **Legni tenerissimi:** in grado di marcare una pressione inferiore a 350 Kg/cm^2
- **Legni teneri:** in grado di marcare una pressione compresa tra 351 Kg/cm^2 e 650 Kg/cm^2
- **Legni mediocrementemente duri:** in grado di marcare una pressione compresa tra 651 Kg/cm^2 e 1000 Kg/cm^2
- **Legni duri e molto duri:** in gradi di marcare una pressione compresa tra

1001 Kg/cm² e 1500 Kg/cm²

- **Legni ossei:** in grado di marcare una pressione uguale o superiore a 1501 Kg/cm²

Nella nautica da diporto il legno viene utilizzato con diverse finalità, infatti può essere selezionato privilegiando il suo aspetto estetico se servirà a ricoprire funzioni di rivestimento, oppure viene scelto per le sue proprietà meccaniche quando utilizzato come supporto strutturale.

In barca, ed in particolar modo negli interni di unità di dimensioni considerevoli, possiamo trovare una grande quantità di legni differenti, specialmente quando la scelta ricade sul piano del disegno estetico.

La seguente raccolta, svolta specificamente in funzione di questo elaborato, è il risultato di un'integrazione tra le informazioni reperite attraverso:

- interviste a cantieri costruttivi;
- interviste a falegnamerie esterne che svolgono funzione di service;
- interviste a cantieri di manutenzione e restauro di unità da diporto;
- interviste ai diretti fornitori di legnami per i maggiori cantieri navali e falegnamerie;
- confronto fotografico;

Di seguito una selezione dei legnami più utilizzati suddivisi per tonalità cromatica:

LEGNI CHIARI

Densità (kg/dm³)



ACERO	FRASSINO	FAGGIO	CASTAGNO	ABETE	LARICE	PINO
0,66 kg/dm ³	0,72 kg/dm ³	0,73 kg/dm ³	0,58 kg/dm ³	0,42 kg/dm ³	0,55 kg/dm ³	0,50 kg/dm ³

LEGNI CHIARO-SCURO

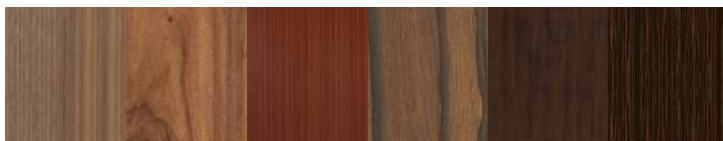
Densità (kg/dm³)



TIGLIO	PIOPPO	ROVERE	IROKO	OLMO	ULIVO	TANGANICA
0,65 kg/dm ³	0,40 kg/dm ³	1,08 kg/dm ³	0,66 kg/dm ³	0,57 kg/dm ³	0,95 kg/dm ³	0,58 kg/dm ³

LEGNI SCURI

Densità (kg/dm³)



NOCE CANALETTO	TEAK	MOGANO	PALISSANDRO	NOCE NAZIONALE	EBANO
0,60 kg/dm ³	0,65 kg/dm ³	0,65 kg/dm ³	0,65 kg/dm ³	0,60 kg/dm ³	1,05 kg/dm ³

Dai legni presenti in questa selezione, si ottengono i “tasselli” chiave utili alla costruzione delle varie componenti: le travi, i listelli, i quadrotti, ed i pannelli. Questi “tasselli” possono essere di differente natura, non solamente a seconda della tipologia di legno da cui provengono, ma anche della propria composizione; infatti nella costruzione di interni nautici non troviamo solamente legni in forma di massello, ma anche e soprattutto compensati, lamellari, i vari truciolari o truciolati (pannelli di fibre compresse), gli impiallacciati, i laminati, i nobilitati, i melaminici ed i precomposti. Esiste poi un’ulteriore categoria di pannelli detti alleggeriti.

Di seguito è possibile avere una rapida panoramica delle composizioni dei principali pannelli e del loro specifico utilizzo, tenendo in considerazione che qualunque di essi può essere prodotto a partire da qualsiasi tipologia di legno di partenza.

MASSELLO

Anche detto “massiccio”, in unità più datate erano la forma più comune con cui si utilizzava il legno, specialmente credendo fosse anche la più resistente e stabile. Successivamente sono subentrate altre tipologie di pannello, anche se il massello viene ancora utilizzato in determinati contesti. Principalmente si riscontra un uso ancora importante di legno massello per strutture con una sezione ridotta o in caso di piegature particolarmente complesse. Il massello è indispensabile in caso di smussi considerevoli poiché, se venissero impiegati pannelli composti, la levigatura porterebbe a vista gli strati inferiori. Per lo stesso motivo il massello viene inoltre utilizzato per qualsiasi pannello il cui spessore/spessori restano visibili poiché, in caso contrario, si vedrebbe la composizione/stratificazione interna.

(Fig. 386)



Fig. 386

COMPENSATO

Questa categoria, già analizzata in precedenza, nasce dall’esigenza di creare un pannello isotropo che abbia però l’aspetto di un legno (materiale ortotropo per natura). Gli strati vengono disposti con la direzione delle fibre di volta in volta invertita, in modo da compensarsi, appunto.

Il compensato marino nasce dall’incollaggio dei vari strati tramite resine fenoliche, resistenti all’acqua.

(Fig. 387)



Fig. 387

LAMELLARE

Il legno lamellare è un legno adatto alle componenti strutturali poiché nasce dall'incollaggio di sottili strati (lamelle) ricavate da un massello già classificato in partenza come strutturale. Il significato di questa operazione è che, grazie al taglio di strati spessi non più di 20 mm, si riescono a controllare ed eliminare eventuali imperfezioni presenti all'interno del legno, evitando così sorprese sul lungo termine date da possibili crepe, fessure interne o depositi di resina non spurgata che comprometterebbero la stabilità e la tenuta del materiale. Come per i fogli del compensato, anche le lamelle vengono incollate con le venature contrapposte tra uno strato e l'altro così da massimizzare la tenuta del manufatto. L'incollaggio avviene per pressatura a caldo con l'interposizione di adesivi strutturali vinilici.



Fig. 388

TRUCIOLARI O TRUCIOLATI

Vengono definiti truciolati tutti quei pannelli creati da fibre di legno compresse, dette truciol, che derivano dagli scarti delle tradizionali lavorazioni del legno. A seconda della taglia e della forma dei truciol, ai quali vengono aggiunti materiali leganti prima di essere pressati, vengono ottenuti differenti pannelli, di cui i principali impiegati nella nautica da diporto sono:

- **Pannelli di particelle:** in questa categoria rientrano pannelli creati dalla pressatura di granuli fini o molto fini derivanti da scarti di legno preferibilmente di conifera. Essi possono essere caratterizzati da una struttura a più strati oppure da quella che viene definita "a granulometria variabile continua". All'interno di questa categoria si suddividono poi differenti pannelli a seconda della pressatura e della densità delle particelle di legno.

MDF

I più comuni sono i pannelli di MDF, ovvero Medium-Density Fibreboard, utilizzati principalmente come spessore o isolante. Per la pressatura vengono utilizzate resine UF (Ureiche) o PF (Fenoliche), talvolta con l'aggiunta di sostanze antifiama, diventando così un ottimo ritardante di propagazione di possibili incendi. (Fig. 389)

LDF

HDF

Nonostante i pannelli di MDF sono sicuramente i più utilizzati, talvolta troviamo anche gli LDF (Low-Density) o al contrario gli HDF (High-Density), usati per la creazione di laminati. Come vedremo successivamente i truciolari sono inoltre utilizzati per la creazione di pannelli nobilitati.



Fig. 389

OSB

- **OSB:** anch'essi già analizzati in precedenza trattando la predisposizione di impianti e paratie. Acronimo di Oriented Strand Board, sono pannelli creati da scaglie di legno di dimensione e forma più o meno casuali. (Fig. 390) Solitamente si tendono comunque ad utilizzare trucioli con una sezione



Fig. 390

longitudinale nettamente superiore a quella trasversale in un rapporto ottimale di 10:1. Nel caso in cui si voglia ottimizzare la resistenza a flessione in una specifica direzione, esistono pannelli di OSB le cui scaglie sono tutte orientate parallelamente ad un lato del pannello.

Esistono altre tipologie di pannelli ricavati da particelle, ma raramente impiegati nel mondo della nautica. Gli unici pannelli oltre a quelli sopra citati che potremmo trovare a bordo di unità da diporto sono i LSL, ovvero i Laminated Strand Lumber, ovvero pannelli di scaglie (solitamente legno di pioppo) laminati per una miglior tenuta all'umidità, creando inoltre una struttura più omogenea di un pannello a scaglie orientate tradizionale.

Legno di Pioppo

In tutte le tipologie di pannelli di particelle è possibile ridurre l'assorbimento di liquidi con l'aggiunta di resine melamminiche agli adesivi a base ureica o fenolica tradizionalmente impiegati. Questa resina è relativamente costosa, motivo per cui saltuariamente è diluita con paraffine o cere.

Paraffine
Cere

Masonite

- **Masonite:** i pannelli di masonite sono estremamente economici nonostante la buona resistenza e l'alta densità che possono avere. Il loro processo di pressatura permette di legare le particelle senza l'aggiunta di resine o altri collanti grazie ad un particolare processo che prevede la disintegrazione delle fibre con la saturazione a vapore acqueo ad una pressione di circa 700 kPa; successivamente la pressione viene ulteriormente aumentata con aria o vapore a circa 2800 kPa, per poi spruzzare le fibre attraverso un ugello su uno schermo. Esse vengono poi formate mediante presse con stampi caldi, creando tavole con una superficie levigata. Questo materiale viene spesso impiegato come rivestimento grezzo, specialmente a calpestio. (Fig. 391)



Fig. 391

IMPIALLACCIATI

Si definiscono pannelli impiallacciati tutti quei pannelli che riproducono l'aspetto di un massello solamente grazie ad uno strato superficiale di piallaccio o tranciato. (Fig. 392)

I fogli in legno nobile vengono impiegati come rivestimento di pannelli di truciolato, specialmente MDF, ma anche di multistrati e compensati. I fogli di rivestimento possono arrivare a misurare fino a pochi decimi di millimetro, così da adattarsi anche a superfici con curvature complesse. La loro funzione si limita al solo scopo estetico di simulare un pannello in massello mantenendo però i vantaggi in termini di stabilità, impermeabilità e resistenza al fuoco dei pannelli di particelle.

Altri vantaggi sono:

- risparmio di peso, poiché il peso specifico dei pannelli in fibre è minore di quelli in massello
- risparmio economico, poiché dalla stessa quantità di massello si riesce ad ottenere una superficie di rivestimento molto maggiore
- scelta dell'orientamento delle fibre a fine estetico senza che influisca sulle prestazioni del pannello
- possibilità di camuffare eventuali imperfezioni del legno.

Per questi motivi i pannelli impiallacciati sono i più utilizzati per la costruzione dell'arredo interno, senza influire sulla "nobiltà" percepita dell'ambiente.

Nel corso del tempo subisce le medesime variazioni tipiche del legno, come leggeri movimenti o cambi cromatici.



Fig. 392

LAMINATI

I pannelli di laminato nascono da una triplice stratificazione (quattro strati in caso di laminati a calpestio):

1. Lo strato superficiale protettivo è dato da una pellicola impregnata di resina melamminica;
2. La finitura estetica è ottenuta da un foglio di carta stampata con la texture scelta;
3. Lo spessore e le proprietà meccaniche derivano dallo strato inferiore, un pannello di fibre ad alta intensità (HDF) o talvolta di MDF;
4. Nel caso di laminato per pavimenti occorre aggiungere un ulteriore strato che bilanci e dia maggior stabilità alla struttura. Questo strato può essere in materiale plastico/vinilico o masonite.

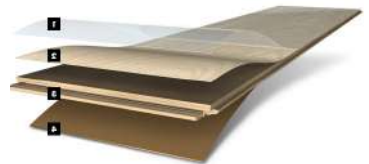


Fig. 393

Resina melamminica

Carta

EVA

PVC

Esistono due tipologie di laminati:

- **HPL** (High Pressure Laminate) realizzato con un'alta pressatura di fogli di dimensione variabile (da 0,5 a 20 mm). Questi laminati sono molto resistenti anche agli agenti atmosferici e vengono utilizzati tranquillamente anche in ambienti esterni o ad alto tasso di umidità;
- **CPL** (Continuous Pressure Laminate) realizzato con una normale pressatura di fogli continui meno spessi (da 0,2 a 0,6 mm) e quindi meno resistenti. Questi laminati vengono utilizzati esclusivamente per la realizzazione di mobili interni.

NOBILITATI

I nobilitati, meno presenti rispetto ai precedenti, sono pannelli di truciolare rivestiti con carta melamminica da un lato o su entrambi. La carta melamminica può essere monocromatica o stampata con una qualsiasi texture, ed è formata da vari strati di carta sottilissima impregnata di resina melamminica.

(Fig. 394)



Fig. 394

MELAMINICO

Più volte citato come rivestimento texturizzato, in alcuni casi può essere utilizzato a sé stante come rivestimento estetico di piccole porzioni dove non è possibile avere lo spessore di un pannello. Viene utilizzato su unità di piccole dimensioni relativamente economiche poiché risulta evidente essere un rivestimento "posticcio". Il vantaggio è che può essere incollato su qualsiasi supporto, anche alla vetroresina. Come già detto il melaminico è formato da sottili strati di carta stampata impregnati di resina melamminica. Grazie alle nuove tecnologie è possibile creare effetti di imitazione del legno abbastanza verosimili.

(Fig. 395)



Fig. 395

PRECOMPOSTI

In ultimo veniamo ai pannelli rivestiti di precomposti. Sono pannelli con un'anima in multistrato o in fibre, rivestiti da un particolare tranciato che non deriva dalla sfogliatura diretta di un tronco.

In questo caso vengono utilizzati fogli di legno non pregiato, a volte scarti di produzione, pressati insieme fino a ricreare un tronco precomposto, appunto; è proprio questo tronco assemblato, nato dall'assemblaggio di più strati, ad

Poliuretano
Polistirene espanso
Alluminio
ABS

essere tranciato per creare i piallacci con cui ricoprire i pannelli. In questo modo si ottengono pannelli con disegni molto simili ai reali disegni di un normale tranciato, poiché i vari strati del precomposto simulano gli anelli interni del tronco.

Una delle grandi problematiche dei pannelli in legno, in qualsiasi delle forme sopra analizzate, resta il peso considerevole che viene apportato alle unità. Per questo motivo viene introdotto, dove possibile, il legno alleggerito. Esso non è altro che un pannello visibilmente uguale ai precedenti il cui interno viene svuotato il più possibile con differenti tecniche che ora andremo brevemente ad analizzare. È la scelta ideale inoltre per porte e ante, in modo da non gravare eccessivamente sulle cerniere.

Nonostante l'anima alleggerita del tamburato possa essere di varia natura, la struttura in sé non cambia.

Viene creato un telaio perimetrale costituito o in legno naturale o con fibre pressate, al cui interno viene inserito l'alleggerimento. Il telaio deve essere opportunamente progettato già in funzione di cerniere, fori e viti, maniglie e serrature poiché non possono in nessun modo fare leva sulla parte alleggerita. L'interno può essere di varia natura, l'unico vincolo è avere una buona resistenza a pressione in modo da evitare deformazioni. Le facce esterne sono poi rivestite con tranciati in modo da avere un impiallacciato alleggerito, con laminati, con fogli melaminici o talvolta con pannelli in legno laccato.

Il tipo di tamburato più comune è quello in cartone: fogli continui intrecciati a formare una struttura a nido d'ape, regolare o irregolare, leggerissima e molto resistente alla compressione sulle due facce esterne.

Ci sono poi tipi di tamburato prodotti con pani di poliuretano, di polistirene espanso, con nido d'ape in alluminio o in ABS. (Figg. 396, 397, 398, 399, 400)



Fig. 396



Fig. 397



Fig. 398

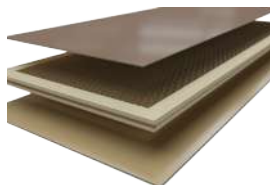


Fig. 399



Fig. 400

Per ovvi motivi, tutti gli arredi in barca vengono fissati saldamente in modo tale da evitare possibili danni a persone o cose. La differenza principale tra unità di piccole dimensioni e unità maggiori è il come e il dove essi vengono fissati. Infatti in unità minori si dice che l'arredo "vince" sul calpestio e sui rivestimenti a murata, ovvero i mobili e gli allestimenti vengono costruiti in modo che scarichino direttamente a scafo/sulle strutture e fanno da grigliato la posa del calpestio. Il procedimento di inverte salendo di dimensioni, quando l'arredamento nautico si avvicina maggiormente a quello residenziale dove prima viene terminato l'ambiente contenitore e poi viene inserito al suo interno il contenuto (in realtà come vedremo successivamente, il cielino viene aggiunto più tardi, tra le ultime fasi).

In ogni caso, il bloccaggio è d'obbligo, come anche la possibilità di rimozione dell'arredo e dei rivestimenti in caso di necessità di ispezione. Per questo motivo sia per i pannelli di rivestimento, sia per gli arredi veri e propri, vengono utilizzate o staffe avvitate o sistemi di incastro tipo fit-lock. In unità maggiori si utilizzano speciali smorza-vibrazioni già incontrati in precedenza.

3.6.2 Metalli e leghe metalliche, ferramenta ed allacci agli impianti

I metalli presenti all'interno di un'unità da diporto si limitano principalmente alla ferramenta semplice (viteria), a supporti strutturali ad esempio guide e cerniere oppure all'impiantistica. In realtà, salendo di dimensioni, il metallo inizia ad essere elemento di decoro viste le innumerevoli possibilità di finitura superficiale. Per questo motivo procederemo con una prima classificazione dei metalli utilizzabili a bordo, per poi analizzare nello specifico la ferramenta, i supporti strutturali e gli allacci agli impianti.


METALLI FERROSI


Densità (kg/dm³)

						
Ferro (Fe)	Cromo (Cr)	Manganese (Mn)	Cobalto (Co)	Nichel (Ni)	Ghisa (Fe+Carbonio >2%)	Acciaio (Fe+Carbonio <2%)
7,85 kg/dm ³	7,17 kg/dm ³	7,47 kg/dm ³	8,90 kg/dm ³	8,60 kg/dm ³	7,10 kg/dm ³	7,85 kg/dm ³

METALLI NON FERROSI

Densità (kg/dm³)

					
Rame (Cu)	Titanio (Ti)	Alluminio (Al)	Zinco (Zn)	Mercurio (Hg)	Magnesio (Mg)
8,96 kg/dm ³	4,87 kg/dm ³	2,70 kg/dm ³	7,10 kg/dm ³	13,59 kg/dm ³	1,75 kg/dm ³

				
Stagno (Sn)	Oro (Au)	Argento (Ag)	Ottone (Cu+Zn)	Bronzo (Cu+Sn)
7,28 kg/dm ³	19,32 kg/dm ³	10,49 kg/dm ³	8,73 kg/dm ³	8,15 kg/dm ³

I metalli, specie se parte visibile del decoro di un interno, possono presentare innumerevoli finiture e trattamenti superficiali che possono suddividersi in due categorie a seconda della natura del processo: finiture elettrochimiche e finiture meccaniche.

Tra le finiture elettrochimiche le più comuni rilevabili in campo nautico sono:

- **Elettrolucidatura:** questo processo è applicabile ai prodotti di acciaio inossidabile e consiste in una rimozione selettiva del metallo in fase anodica. La lucidatura fa parte dei processi di finitura superficiale che asportano materiale attraverso il passaggio di corrente elettrica. L'elettrolucidatura agisce in particolare sulla rimozione di asperità e irregolarità presenti sulla superficie del metallo.
- **Bagno galvanico:** anche detto galvanostegia, è una tecnica che permette di ricoprire un metallo non prezioso con un sottile strato di un metallo più prezioso o più nobile o passivabile sfruttando la deposizione elettrolitica. Ad esempio tramite galvanostegia è possibile ricoprire il rame con l'argento oppure l'acciaio con zinco, stagno, nichel o cromo. Il bagno galvanico avviene all'interno di una vasca che contiene una soluzione acquosa del sale del metallo da depositare sulla superficie trattata. Nella vasca sono inoltre immersi due elettrodi: il catodo è composto dalla superficie da ricoprire, mentre l'anodo può essere costituito dal metallo che dovrà essere depositato. Tra i trattamenti galvanici tecnici (allo scopo di migliorare determinate prestazioni) figurano la zincatura, la ramatura, l'elettrolucidatura inox, la nichelatura, la cromatura e altri ancora. Tra i trattamenti galvanici decorativi vanno invece annoverate varie tipologie di nichelatura, cromatura, doratura, l'argentatura, ecc.

Tra le finiture meccaniche invece abbiamo:

- **Satinatura:** è un tipo di finitura che rende il prodotto su cui è applicata meno delicato. Inoltre questa lavorazione copre gli eventuali difetti superficiali dei materiali e i segni lasciati da altre lavorazioni. La satinatura si ottiene con abrasivi tridimensionali, quali bear-tex, scotch-brite o surface conditioning.
- **Sabbatura:** è un procedimento grazie al quale è possibile rimuovere incrostazioni particolarmente difficili, quali ruggine o vernice, attraverso un'operazione di abrasione che consente di ripulire del tutto una superficie senza tuttavia danneggiarla. Per i metalli esistono diverse tipologie di sabbatura:
 1. **sabbatura a metallo bianco** (consiste nella completa asportazione di tutti i prodotti della corrosione, di tutte le scaglie di laminazione, di tutte le tracce di vecchie pitture e in generale di tutte le impurità della

superficie metallica. Dal processo si ottiene una superficie di color grigio-bianco metallico di aspetto uniforme, dotata di una ruvidità tale da consentire un perfetto ancoraggio degli strati di pittura protettiva (che verranno successivamente applicati);

2. sabbiatura al metallo quasi bianco (consiste nella quasi totale asportazione di tutte le impurità della superficie metallica (calamina, ruggine, sporcizia, vecchia pittura, ecc.) ad esclusione di leggerissime ombreggiature, venature molto leggere oppure scolorimenti leggeri causati da macchie di ruggine, ossidi di calamina oppure leggeri residui aderenti di pitture o rivestimenti protettivi);

3. sabbiatura commerciale (si riferisce ad una sabbiatura buona ma non perfetta e, di solito, impone praticamente l'asportazione di tutta la ruggine, della calamina e delle altre materie estranee sulla superficie del metallo. La superficie che si ottiene non deve essere necessariamente uniforme perché eventuali differenze nelle condizioni iniziali della superficie influiscono sul risultato finale. Le superfici comunque presentano una ruvidità molto adatta a conferire una salda adesione degli strati di pittura che verranno successivamente applicati), sabbiatura grossolana (consiste nella rimozione delle scaglie libere di ruggine, di laminazione e di pittura, mentre vengono lasciate sulla superficie quelle ben aderenti e tali che la superficie sabbiata possa offrire una buona aderenza e giunzione alla pittura).

- **Pallinatura:** detta anche “shot peeling”, è il procedimento meccanico che consiste nel martellamento della superficie realizzato “a freddo”, tramite un getto di graniglia metallica scagliato a grande velocità ed elevata intensità contro la superficie.
- **Martellatura:** lavorazione a freddo eseguita su oggetti di rame, ottone, bronzo, oro, ecc., a scopo decorativo. Consiste nel battere il pezzo con uno strumento apposito che permette di ottenere variazioni superficiali visibilmente differenti.
- **Spazzolatura:** è un procedimento eseguito tramite apposite spazzole o grane abrasive che permettono di togliere qualunque imperfezione al materiale. Eventuali piccoli difetti vengono rimossi e/o camuffati e la superficie assume una omogeneità estetica.
- **Lucidatura:** procedimento che consiste nel rendere lucida la superficie di un corpo metallico, in modo tale che brilli di luce riflessa. Questo processo di lavorazione dei metalli necessita di attività di preparazione vera e propria come cromatura, doratura, argentatura. Nel caso dell'acciaio inox può costituire una soluzione finale.

Occorre distinguere fra due tecniche:

1. **l'abrasione controllata della superficie** per mezzo di abrasivi a grana finissima e uniforme (pasta abrasiva), la quale riduce effettivamente l'entità della scabrezza superficiale (come nel caso delle gemme o del vetro molato)
 2. **l'utilizzo di sostanze cerose** (usualmente ad elevato indice di rifrazione) che riempiono le micro asperità e danno l'impressione di una superficie meno scabra.
- **Smerigliatura:** è un'operazione che fa parte del vasto insieme delle lavorazioni meccaniche di finitura superficiale ed è utile alla rifinitura dei materiali. Più precisamente la smerigliatura è una prima fase di lavorazione che permette di sgrossare ed eliminare dal corpo metallico bordi spigolosi, bave o residui di fusione, stampaggio o saldatura. Viene effettuata tramite nastri abrasivi e ruote lamellari con l'ausilio di macchine semi-automatiche oppure manualmente. La lavorazione prevede l'impiego iniziale di abrasivi a grana grossa, per poi ridurne la grana ad ogni passaggio fino a raggiungere il livello di rugosità superficiale desiderato.

FERRAMENTA

Non avrebbe senso in funzione di questo elaborato analizzare le singole micro componenti che costituiscono la ferramenta poiché, nonostante ogni progetto sia differente da un altro, il ventaglio dei materiali metallici utilizzati si riduce a poche scelte:

Acciaio Inox AISI 304
Acciaio Inox AISI 316
Acciaio
Acciaio al carbone
Ottone
Bronzo
Titanio
Ferro zincato
Nylon
Teflon PTFE
Polipropilene PP
Polietero Etere Cheton PEEK
Polivinildenfluoruro PVDF
Porcellana

- Acciaio Inox AISI 304 o AISI 316
- Acciaio
- Acciaio al carbonio
- Ottone
- Bronzo
- Titanio
- Ferro zincato
- Nylon
- Teflon PTFE
- Polipropilene PP
- Polietere Etere Cheton PEEK
- Polivinildenfluoruro PVDF
- Porcellana (molto raro, installato su impianti elettrici obsoleti data la scarsa conducibilità)

Le eventuali piastre di fissaggio sono sempre in acciaio Inox AISI 304 o AISI 316 o in alluminio.

Difficilmente viti e bulloni mordono direttamente su un materiale o su una piastra ed anzi, quasi sempre, è necessario l'impiego di rondelle (anche dette rosette o ranelle). Il loro scopo è quello di creare il massimo bloccaggio/presa sul materiale. A seconda se fungono solo da distanziali o se al contrario sono autobloccanti o addirittura dentate, possono essere di vari materiali, nonostante a bordo le più usate siano sempre quelle in acciaio Inox AISI 304 o AISI 316. (Fig. 401)



Fig. 401

Le rondelle possono essere metalliche, in plastica o in gomma. (Fig. 402)

- **Rondelle metalliche:** sono le più utilizzate vista la loro longevità e resistenza agli sbalzi termici.
Tra queste troviamo rondelle in Acciaio Inox, Acciaio, Rame, Bronzo, Ottone, Alluminio, Ferro.
- **Rondelle in plastica:** esse garantiscono leggerezza e isolamento elettrico. Ne esistono di diverse varianti, le più comuni sono in Polietilene ad alta densità oppure in PTFE Teflon, ma anche in Polipropilene PP, Polietilene Etere Cheton PEEK e Polivinildenfluoruro PVDF.
- **Rondelle in gomma:** in questa categoria rientrano rondelle ad alta tenuta con ottime prestazioni di attenuazione di vibrazioni. Le più comuni sono le rondelle in Gomma Siliconica, in Neoprene CR e in Gomma EPDM.



Fig. 402

SUPPORTI, GUIDE E STAFFE

In questa categoria rientrano gli innesti di supporto atti a sostenere le differenti componenti, statiche o dinamiche, vincolandone o bloccandone il movimento. In primo luogo possiamo citare le cerniere di ante ed armadi, ma anche di porte o box doccia, guide di cassetti, guide per porte scorrevoli, supporti per elettrodomestici, ecc. (Fig. 403)

Come sempre il materiale per eccellenza è l'acciaio inox, specie per tutte le

Acciaio Inox

Acciaio

Rame

Bronzo

Ottone

Alluminio

Ferro

Polietilene ad alta densità

PTFE Teflon

Polipropilene PP

Polietere Etere Cheton PEEK

Polivinildenfluoruro PVDF

Gomma Siliconica

Neoprene CR

Gomma EPDM

Alluminio
 Nylon
 Acciaio
 Acciaio Inox
 Acciaio al Carbonio
 Alluminio
 Alluminio anodizzato
 Ferro

componenti acquistate da fornitori specializzati nel mondo nautico.

Le guide a basso sforzo, ad esempio per i cassetti, sono talvolta in alluminio o in Nylon.

Altre staffe di supporto possono essere in Acciaio, Acciaio Inox, Acciaio al Carbonio, Alluminio, Alluminio Anodizzato, Ferro.

In questa categoria consideriamo inoltre gli eventuali aiuti all'apertura/chiusura di ante e cassetti, come ad esempio pistoni a gas o a molla, e gli ammortizzatori di chiusura.

I pistoni sono sempre in acciaio/acciaio Inox e alluminio, e possono essere a molla (acciaio) o a gas (azoto).

Se sulle unità minori le ante sono bloccate con maniglie o push&lock (acciaio inox, acciaio, ottone) in imbarcazioni più grandi gli arredi ricercano una pulizia ed un'eleganza maggiore. (Fig. 404)

Le maniglie e le serrature tendono a nascondersi se non a sparire, ed entrano in gioco i meccanismi di push&pull. (Fig. 405)

In questo caso l'apertura è data con lo sblocco di un pistone a molla o a gas tramite una leggera pressione. La scocca di queste molle è in acciaio, in alluminio o in materiali plastici.

A questi sistemi di accompagnamento si aggiungono poi dei magneti che aiutano la tenuta sull'anta. (Fig. 406)



Fig. 403



Fig. 404



Fig. 405



Fig. 406

IMPIANTISTICA

In contemporanea alla costruzione dell'arredo si procede alla chiusura dei vari circuiti, andando ad allacciarsi alle predisposizioni degli impianti lasciate in sospeso nelle fasi precedenti.

Vengono inserite le pompe (elettriche e/o manuali) atte a portare in pressione i liquidi all'interno dei circuiti; ne esistono di differenti tipologie, le principali sono le pompe centrifughe, con giranti flessibili, a palette o a diaframma. Quest'ultime sono le più utilizzate in versione manuale, a pedale o a mano, in imbarcazioni dalle dimensioni ridotte o più datate. Spesso, specialmente in unità da crociera di piccole dimensioni in cui è fondamentale il risparmio dell'acqua dolce, si sceglie di splittare alcuni circuiti che possono così essere utilizzati sia con l'acqua dolce pompata elettricamente dalle casse interne che con l'acqua salata pescata all'esterno da pompe manuali. Il funzionamento delle pompe a diaframma è lo stesso utilizzato nelle pompe di sentina manuali, obbligatorie in caso di emergenza a prescindere dalle dimensioni dell'unità. Chiaramente l'importanza del risparmio dell'acqua dolce non viene persa su unità maggiori, dove però viene in parte sopperita dagli appositi dissalatori installati in sentina. I raccordi idraulici possono essere rigidi o flessibili a seconda del contesto.

Acciaio Inox

Ottone

Nichel

Nylon

Polycarbonato

ABS

- **Rigidi:** si differenziano in metallici o plastici.

I raccordi metallici sono principalmente in acciaio inox ed in ottone, anche se talvolta si possono incontrare in Nichel. Vengono utilizzati solitamente per i circuiti ad alta pressione. (Fig. 407)

I raccordi plastici invece sono in Nylon, Policarbonato ed in ABS e per la maggior parte delle volte sono impiegati per i sistemi di scarico soggetti a pressioni ridotte. (Fig. 408)



Fig. 407



Fig. 408

- **Flessibili:** in questo caso la situazione delle contaminazioni tra materiali è più complessa poiché questa tipologia di raccordo presenta quasi sempre un corpo in materiale plastico rinforzato da un'anima metallica o sintetica. I materiali di base sono due e variano in relazione alla temperatura dell'acqua corrente al loro interno:

PVC senza rinforzo per acqua fredda e rinforzato per acqua fino a 60°C (medie pressioni 5-15 bar) ed è adatto al contatto con alimenti/acqua potabile. (Fig. 409)

Gomma EPDM rinforzata per acqua a temperatura superiore a 60°C (fino

PVC

Gomma EPDM

Polietilene ad alta densità
 HDPE
 PVC
 Gomma EPDM
 Acciaio
 Acciaio Inox
 Nylon

a 100°C e talvolta a vapore oltre i 120°C), non adatto al passaggio di acqua potabile (pressioni fino a 30 bar). (Fig. 410)

Talvolta possiamo trovare tubature in Polietilene ad alta densità HDPE.

Sia nel caso di tubature in PVC che quelle in EPDM, il rinforzo può essere sia a maglia reticolare che spiralato. (Fig. 411)

I materiali dei rinforzi sono acciaio, acciaio inossidabile o Nylon.



Fig. 409



Fig. 410



Fig. 411

I miscelatori possono variare a seconda delle esigenze tecniche ed estetiche. Più frequentemente incontriamo i miscelatori in acciaio inox ed in ottone cromato, ma non sono rari in unità più contemporanee e lussuose i miscelatori in nichel; talvolta vengono rivestiti parzialmente o in toto con strati ceramici.

In unità più datate o di dimensioni ridotte i miscelatori sono stampati in ABS.

Le guarnizioni di tenuta sono quasi sempre in PVC.

Ottone cromato
 Nichel
 ABS
 PVC

3.6.3 Imbottiture

Che sia una piccola dinette trasformabile all'interno di un natante oppure la chaise longue decorativa di un ponte armatoriale, la presenza di imbottiti per il relax o il pernottamento all'interno di un'unità da diporto è quasi scontata. Possiamo definire "imbottiti" tutti gli elementi riempiti di materiale relativamente morbido successivamente rivestiti da apposita tappezzeria.

Questi elementi si suddividono in sedute/divanetti, letti, cuscini e guanciali, pannelli di rivestimento.

SEDUTE E DIVANETTI

Salvo in rari casi di unità particolarmente spaziose nelle quali sedute e divani sono reali pezzi di arredamento detti fixed-furnitures, ogni elemento imbottito in barche sotto i 24 metri è al contrario classificato come built-in, ovvero progettato e sagomato per adattarsi perfettamente alle geometrie interne. Soprattutto nel lower deck di natanti di dimensioni ridotte è spesso necessario ritagliare le cuscinerie con una sezione svasata a chiudersi verso il basso affinché possa combaciare al meglio alle forme di carena senza perdere centimetri preziosi.

Gommapiuma
Poliuretano espanso

I materiali dei quali possono essere costituite queste imbottiture sono principalmente la gommapiuma nelle unità più datate, mentre al giorno d'oggi il poliuretano espanso è il più apprezzato dalla cantieristica della piccola e media nautica.

A meno che non si tratti di spessori di imbottito davvero ridotti (5-10 cm), viene spesso adottata una strategia di stratificazione di layers a differenti densità per ottimizzare le caratteristiche di morbidezza e ritorno di forma delle sedute. Per fare questo si utilizzano differenti modalità di preparazione con o senza base rigida. Ai fini di questo elaborato tratteremo il caso più complesso in termini di interazioni tra differenti materiali.

Compensato

Il primo layer viene ricavato dal taglio di una tavola in compensato, in modo da dare una base rigida all'imbottito con la possibilità di inserire agganci di fissaggio all'arredo circostante. Lo stesso procedimento viene fatto sul retro degli schienali. (Fig. 412)

Poliuretano a media densità

Si utilizza poi un poliuretano a media densità per tracciare il perimetro della seduta e per realizzare il primo layer degli schienali. (Fig. 413)

Il passo successivo è la realizzazione della vera e propria anima dell'imbottitura, ovvero la scelta del materiale riempitivo del perimetro poliuretanico. (Fig. 414) Le scelte sono principalmente tre:

Acciaio

Lattice naturale

Lattice sintetico

Poliestere

Ovatta

Poliuretano ad alta densità

1. Molle in acciaio
2. Lattice naturale o Lattice sintetico (SBR – Styrene Butadiene Rubber)
3. Ovatta o Fibre sintetiche in poliestere

Lo scatolato viene chiuso da uno strato in poliuretano ad alta densità. (Fig. 415) Spesso per una migliore sensazione di morbidezza superficiale viene inserito sia sulla seduta che sullo schienale un ultimo layer in ovatta a base poliestere a media densità. Quando possibile questa stratificazione viene creata senza l'utilizzo di collanti o adesivi ma viene tenuta in pressione dal rivestimento. Talvolta vengono puntati con apposite graffette in acciaio o ferro, altre volte invece è necessario l'incollaggio e per questo si utilizzano colle viniliche, colle acriliche o colle siliconiche. La strada migliore è quella di creare una prima fodera in cotone o in fibre di poliestere che mantenga compatto il manufatto prima della tappezzeria esterna. (Fig. 416)

Cotone



Fig. 412



Fig. 413



Fig. 414



Fig. 415



Fig. 416

Schiuma poliuretanica
viscoelastica
Memory-foam

Lattice
Lattice sintetico SBR

Acciaio
Acciaio al Carbonio
Poliestere

Poliuretano espanso
Memory-foam

LETTI

Anche nel caso di letti e cuccette è improbabile che vengano impiegati materassi standard, sia a causa delle dimensioni leggermente ridotte sia per le geometrie variabili che possono assumere.

Esattamente come per i divanetti e le sedute, i materiali principali sono la gommapiuma ed il poliuretano espanso, talvolta con l'aggiunta di molle.

In quelle unità crocieristiche che danno un'importanza maggiore al comfort, gli ultimi layer possono essere sostituiti da schiume poliuretaniche viscoelastiche per creare i cosiddetti materassi in Memory-foam.

Anche nel caso delle imbottiture per letti e cuccette vengono spesso interposti strati di lattice o di lattice sintetico SBR che garantiscono un buon isolamento termico.

I materassi di qualità maggiore combinano il memory foam con le molle in acciaio e in acciaio al carbonio. Per garantire una migliore compressione delle molle ed una maggior durata nel tempo scongiurando possibili deformazioni, le molle vengono insacchettate singolarmente in modo da "obbligare" il movimento al solo asse verticale. Questi rivestimenti sono in tessuti non tessuti a base poliestere.

Un ulteriore fattore che scandisce le differenze tra un materasso ed un altro è la sagomatura delle superfici, che però non influenza il presente studio.

Spesso la scelta di un materasso piuttosto che un altro, soprattutto in barche di qualità elevata, spetta all'armatore che potrà scegliere tra varie tipologie preselezionate dal cantiere.

Possiamo ad esempio analizzare quattro tipologie proposte come alternative da un noto cantiere italiano tra le quali, con preventivi diversificati, il cliente potrà scegliere il preferito.

- **Proposta 1:** (Fig. 417)
base in poliuretano espanso densità 25 Kg/m³ di altezza 15 cm.
Strato superficiale in Memory Foam densità 45 Kg/m³ di altezza 5 cm.
Questa proposta rientra negli standard, ovvero non prevede un sovrapprezzo.



Fig. 417

- **Proposta 2:** (Fig. 418)
Base in poliuretano espanso densità 25 Kg/m³ sagomato ad onda di altezza 8 cm.
Layer intermedio in poliuretano espanso densità 30 Kg/m³ sagomato ad onda di altezza 8 cm.
Strato superficiale in Memory Foam densità 50 Kg/m³ sagomato ad onda di



Fig. 418

altezza 5 cm.

Anche questa proposta rientra negli standard del cantiere senza variazioni di prezzo.

- **Proposta 3:** (Fig. 419)

Base in poliuretano espanso densità 30 Kg/m^3 sagomato ad onda di altezza 9 cm.

Strato separatore #1 di poliuretano espanso densità 25 Kg/m^3 di altezza 2 cm.

Layer intermedio di poliuretano espanso densità 25 Kg/m^3 sagomato ad onda di altezza 5 cm.

Strato separatore #2 di poliuretano espanso densità 25 Kg/m^3 di altezza 2 cm.

Strato superficiale in Memory Foam densità 25 Kg/m^3 sagomato ad onda di altezza 5 cm.

Questa proposta è considerata un OPT, ovvero una scelta optional che implica un sovrapprezzo.



Fig. 419

- **Proposta 4:** (Fig. 420)

Base in poliuretano espanso densità 30 Kg/m^3 di altezza 3,5 cm.

Box perimetrale alle molle in poliuretano espanso densità 25 Kg/m^3 di altezza 5 cm.

Molle in acciaio inox.

Sacchetti molle in poliestere.

Strato superficiale in poliuretano espanso densità 30 Kg/m^3 di altezza 3,5 cm.



Fig. 420

CUSCINI E GUANCIALI

Tra i vari imbottiti possiamo inoltre menzionare i cuscini, intesi sia come guanciali da letto che appoggi decorativi per le divanerie.

Le imbottiture dei cuscini possono essere di derivazione naturale o artificiale.

- **Naturale:** gli imbottiti naturali per eccellenza sono in piuma, principalmente piuma d'oca e piuma di anatra.

Di origine esclusivamente vegetale sono gli imbottiti di lana, di cotone e di lino.

Esistono poi cuscini imbottiti di fibre vegetali più ricercate per la particolare sofficità e leggerezza, ad un costo nettamente maggiore; molto ricercato in questo settore è il Kapok, una fibra leggerissima (8 volte più leggera del

Poliuretano espanso

Memory-foam

Acciaio Inox

Poliestere

Piuma d'oca

Piuma d'anatra

Lana

Cotone

Lino

Kapok

Lattice naturale

cotone), estratta dal frutto dell'albero omonimo. Per i guanciali è spesso utilizzato il lattice naturale.

- **Artificiale:** per quanto riguarda le imbottiture artificiali, esistono sia cuscini in fibre sintetiche che in espanso.

Per quanto riguarda le fibre sintetiche, la quasi totalità dei fornitori predilige le fibre di poliestere. Ciò che cambia è la forma poiché possono essere fibre sciolte, agglomerate o microsfele.

Tra i leader delle imbottiture sintetiche spiccano i poliesteri Dacron DUO e Dacron 95. (Figg. 421, 422)

Per quanto riguarda gli espansi, si utilizza la gommapiuma, raramente il poliuretano espanso, il lattice sintetico SBR e il Memory-foam.



Fig. 421



Fig. 422

PANNELLI DI RIVESTIMENTO

Vi è poi un'ulteriore declinazione dell'utilizzo degli imbottiti: in determinati contesti infatti si opta per l'installazione di pannelli di rivestimento imbottiti.

Questa scelta prevale principalmente all'interno delle cabine o comunque nelle zone notte. La scelta più comune è quella di rivestire le paratie alle spalle delle cuccette, andando a creare così un vero e proprio testaletto. (Figg. 423, 424, 425)

Spesso vengono utilizzati pannelli imbottiti anche per le bordature dei letti, sia a fine estetico sia allo scopo di ammortizzare eventuali colpi che in barca non è raro prendere.

I pannelli imbottiti sono creati con una struttura lignea, in massello o più frequentemente in compensato, al quale viene aggiunta l'imbottitura. Essa è in gommapiuma o in poliuretano espanso ad alta densità. Difficilmente per questo tipo di



Fig. 423



Fig. 424



Fig. 425

Compensato

Gommapiuma

Poliuretano espanso ad alta densità

Acetalica
Nylon
Poliestere
Alluminio
Acciaio Inox

realizzazioni troviamo fibre/ovatta di origine vegetale.

Questi pannelli vengono poi rivestiti con la tappezzeria scelta e fissati alle paratie e/o agli arredi tramite differenti metodi di fissaggio.

Il più tradizionale e consolidato ormai prevede l'utilizzo dei fitlock in acetalica, in Nylon ed in acciaio inox, data la loro semplicità e rapidità di montaggio e smontaggio. Altrettanto pratico ma nettamente meno efficace è l'utilizzo di spot o strisce di velcro adesivo in Nylon o in Poliestere.

Talvolta vengono utilizzati dei normali bottoni in acciaio inox.

I metodi meno comuni per via della loro poca praticità sono gli incastri a baionetta su guide in alluminio o in acciaio inox, oppure il fissaggio diretto tramite viteria passante successivamente rivestita.

È importante non confondere i pannelli imbottiti con i più comuni pannelli rivestiti, presenti in larga misura nelle unità moderne con la sola funzione di décor estetico.

3.6.4 Pelli, ecopelli e pelli sintetiche

I rivestimenti degli imbottiti nautici ricadono sui tessuti (Cap 3.6.5) o, in alternativa, sulle pelli o similpelli.

È opportuno precisare sin dall'inizio che quest'ultimi si possono suddividere in tre categorie: vera pelle, ecopelle e pelle sintetica o similpelle.

- **VERA PELLE:**

la vera pelle è un prodotto 100% naturale, di origine animale, derivante da un processo di concia della cute degli animali. Circa il 90% del pellame viene ottenuto da animali provenienti dal settore dell'alimentare; in particolar modo la maggior parte delle lavorazioni dell'industria conciaria utilizza, in ordine, pelli provenienti da bovini, ovini, suini e caprini. (Fig. 426)

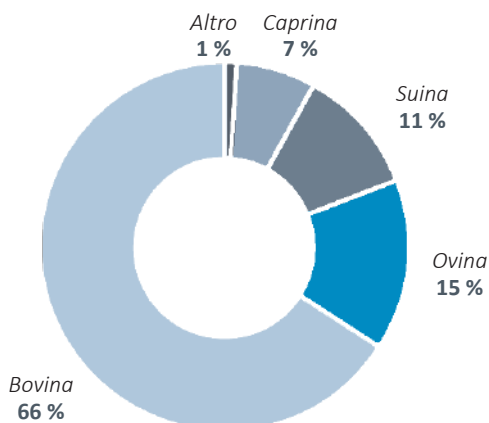


Fig. 426

I tipi di pelle e cuoio sono individuabili e classificabili non solo dall'animale di origine, ma anche in base al taglio della pelle o alla fisionomia stessa dell'animale. (Fig. 427)

Fra le principali troviamo:

- Pelli intere (vacche intere, tori, vitellini, vitelli, capre, montoni, agnelli)
- Mezze Pelli (mezzi vitelli, mezze vacche)
- Spalle bovine
- Gropponi bovini
- Dorsali
- Fianchi
- Culatte
- Avancorpi

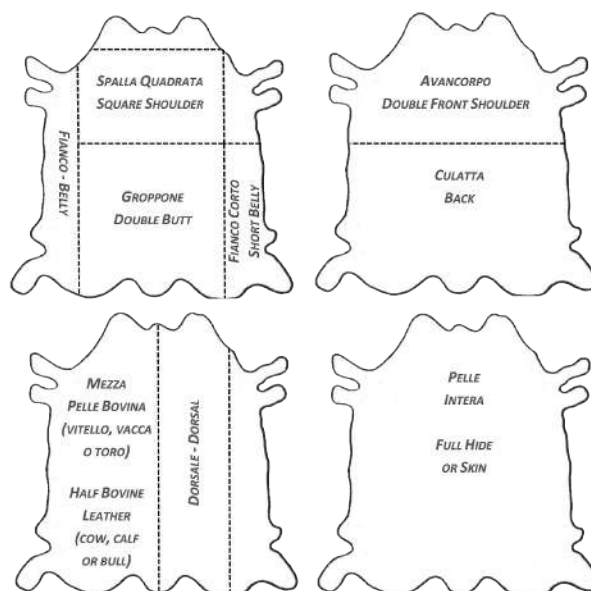


Fig. 427

Il processo di lavorazione è detto concia ed ha l'obiettivo di trasformare la pelle dell'animale, per sua natura putrescibile, in un prodotto imputrescibile, igienico, traspirante e resistente.

I metodi sono molti, come molte sono le fasi necessarie alla conservazione, al trattamento e alla verniciatura (a spruzzo, a velo, a tampone, a rullo, ...) delle pelli. Nonostante questo non è necessario ai fini di questo elaborato analizzare le fasi produttive, bensì è indispensabile classificarne le tipologie maggiormente utilizzate in campo nautico.

Le pelli da arredamento si ottengono principalmente da pelli di taglia grande, ovvero con una superficie minima di 3,60-3,80 m².

A seconda della finitura superficiale e della correzione del fiore (disegno della pelle) possiamo ridurre a cinque il numero di categorie principali di appartenenza delle pelli utilizzate come rivestimenti:

1. **PIENO FIORE:** si tratta di pellami non sottoposti ad una rifinitura coprente. Per questo motivo mantengono i tratti originali del manto dell'animale, rendendo ogni pezza unica. Gli unici processi a cui vengono sottoposte queste pelli si limitano alla correzione delle tinte e ad un processo di impermeabilizzazione della superficie. (Fig. 428)
2. **ANILINA e SEMI-ANILINA:** queste pelli presentano un bassissimo grado di rifinitura composto da leggeri strati di polimeri che permettono di mascherare piccoli difetti della superficie con coloranti a base di anilina. (Fig. 429)
3. **FIORE CORRETTO:** il fiore delle pelli subisce vari passaggi di correzione. (Fig. 430)
Si suddivide in due sottocategorie a seconda del grado di correzione:

3.1 Mezzo fiore: lo strato superficiale del fiore viene asportato per mezzo di una carteggiatura abrasiva. Per la ricostruzione del fiore è necessaria una verniciatura a spruzzo con aggiunta di poliuretano. Spesso a queste pelli si applica una pre-stampa.

3.2 Smerigliato: in questo caso il fiore viene abraso a fondo per eliminare i difetti evidenti. La superficie viene poi ripristinata con una stampa che riproduce il disegno delle diverse tipologie di grana del fiore. Infine la superficie viene rifinita con l'applicazione di resine pigmentate e poliuretano in dispersione acquosa. (Fig. 431)

4. **NABUK:** queste pelli sono le più pregiate poiché non hanno una rifinitura aggiuntiva e pertanto la scelta delle pelli risulta più selettiva. L'unica lavorazione prevista è una carteggiatura abrasiva finissima che conferisce un aspetto vellutato al prodotto. (Fig. 432)



Fig. 428



Fig. 429



Fig. 430



Fig. 431



Fig. 432

È davvero complesso definire le proprietà di massa dei pellami poiché variano a seconda della pelle di ciascun animale e sono correlate a compattezza e porosità, per questo motivo bisogna affidarsi a medie calcolate sui dati forniti dai produttori.



PELLI ANIMALI

Densità (kg/dm³)

Pelle bovina

n.d.

Pelle caprina

n.d.

Pelle ovina

n.d.

- **ECOPELLE:**

Da non confondersi con la pelle sintetica, l'ecopelle è tutti gli effetti di derivazione animale. La differenza con la vera pelle è che l'ecopelle è un prodotto ecofriendly poiché viene realizzata a partire da un sottoprodotto di derivazione animale, secondo un processo a basso impatto ambientale soddisfacente i requisiti previsti dalla norma "UNI 11427:2011 Cuoi – Criteri per la definizione delle caratteristiche di prestazione di cuoi a ridotto impatto ambientale".

La pelle grezza deriva fino al 99% da animali allevati a fini alimentari. La lavorazione in fase di concia è più attenta ai materiali e ai prodotti utilizzati e difficilmente viene lavorato il fiore. Per questo motivo è più difficile da reperire senza imperfezioni e cicatrici dell'animale ed il processo di concia è più costoso e complesso visto l'obbligo di non utilizzare materiali sintetici ed artificiali. Citando un passaggio chiave della normativa, è possibile l'utilizzo dell'appellativo ecopelle per quei manufatti che al termine del ciclo produttivo "non devono identificare materiali diversi dalla pelle e dal cuoio".

- **FINTA PELLE:**

Al contrario dell'ecopelle, la finta pelle è ottenuta rigorosamente da materiali di origine non animale. Può essere realizzata in due modi:

1. Il primo metodo porta alla creazione di una finta pelle di qualità molto alta, tanto che ad occhio nudo è difficilmente distinguibile dalla vera pelle. La differenza prevalentemente è l'assenza di diversità ed

Poliestere

Elastan

PVC
Poliuretano

Sky

imperfezioni nella texture, tipiche invece nel fiore della pelle animale. La base è formata da un tessuto tradizionale; se si sceglie di prediligere l'origine naturale si utilizzano le fibre di cotone o di lino, anche se quasi sempre si opta per un tessuto sintetico a base di poliestere o di poliestere misto a cotone. Se c'è necessità di avere una finta pelle particolarmente elastica si utilizza come base un tessuto contenente fibre di elastan.

In realtà spesso queste fibre vengono disposte non a maglia intrecciata ma sotto forma di tessuti non tessuti, ovvero disposte casualmente, il che facilita l'aggrappo del secondo strato.

Lo strato superficiale che riproduce artificialmente il fiore della pelle può essere creato prevalentemente con due polimeri: il PVC e il poliuretano (PU). A livello estetico la scelta di un materiale piuttosto che un altro non cambia, ciò che cambia è l'eco-sostenibilità in relazione al LCA (Life Cycle Assessment). Il PVC infatti è più difficile da smaltire e riciclarlo rispetto al poliuretano. Inoltre anche i processi produttivi del PVC sono meno sostenibili se confrontati al PU, soprattutto considerando che per renderlo malleabile ed elastico è necessaria l'aggiunta di plastificanti, che con lo sfregamento e con il tempo tendono a consumarsi sulla superficie entrando in contatto con l'esterno (e con la nostra pelle).

Per questo motivo la maggior parte dei cantieri ormai adotta la scelta del poliuretano che per di più offre qualità maggiori in termini di resistenza all'abrasione.

Che sia Poliuretano oppure PVC, le plastiche vengono utilizzate in granuli (pellet) che necessitano di essere fusi e successivamente estrusi per essere spalmati sul tessuto di supporto. Talvolta vengono invece usate sotto forma di liquido impregnante. Nel primo caso in cui la texturizzazione deve essere stampata, si predilige una colorazione bianca, al contrario utilizzando il polimero come impregnante è possibile tingere facilmente in ogni gradazione di colore desiderata.

Abbiamo già anticipato lo Sky, una finta pelle molto utilizzata anche per gli esterni, composta da un tessuto non tessuto in Poliestere PL rivestita da una miscela di PVC e Poliuretano PU. (Fig. 433)

È possibile inoltre riprodurre l'effetto scamosciato grazie all'utilizzo superficiale di microfibre di Poliestere PL.



Fig. 433

2. Il secondo metodo, più economico, stampa direttamente il materiale plastico (sempre Poliuretano o PVC) con texturizzazione, senza però aggrapparlo ad un tessuto di supporto. La finta-pelle ottenuta è più

3.6.5 Tessuti in fibra naturale e sintetica

rigida, utilizzata principalmente per i rivestimenti estetici e non per arredi imbottiti.

Nonostante sia di credenza comune il fatto che la finta pelle sia più longeva della vera pelle, la realtà è esattamente il contrario. La vera pelle è paradossalmente eterna se trattata correttamente mentre la pelle sintetica tende a consumarsi, seccando e creando delle microlesioni che portano lentamente a strappi e deformazioni. La vita media si aggira intorno ai 10 anni.

Nel mondo degli interni di unità da diporto si fa largo impiego di rivestimenti tessili, che siano essi di derivazione naturale o sintetica. I tessuti non vengono solamente utilizzati come rivestimento della cuscineria o degli imbottiti citati precedentemente, al contrario si prestano spesso al rivestimento di pannelli estetici verticali e a cielino. (Fig. 434)

Inoltre non è raro trovare pavimentazioni rivestite in tessile puro e non in legno o in moquette (3.6.6).



Fig. 434

I tessuti derivano dall'intreccio di filati, a loro volta formati dall'intreccio di fibre le quali possono essere catalogate in tre famiglie di appartenenza:

- fibre naturali (a loro volta distinguibili in animali e vegetali)
- fibre rigenerate (o semisintetiche)
- fibre sintetiche.

• FIBRE NATURALI:

Queste fibre, come sottolinea il nome, si trovano al 100% in natura e si classificano in fibre animali, ottenute dalla lavorazione delle pellicce, o vegetali, cioè derivanti dalla lavorazione di erba, bucce, semi e gusci.

(Fig. 435)

Alle fibre di origine animale appartengono:

- | | |
|---------------|-------------------------|
| • Lana (WO) | • SETA (SE) |
| • Alpaca (WP) | • ANGORA (WA) |
| • LAMA (WL) | • CRINE DI CAVALLO (HA) |
| • QIVIUT | • MOHAIR (WM) |
| • VIGOGNA | |

Alle fibre di origine vegetale invece appartengono:

- COTONE (CO)
- LINO (LI)
- COCCO (CC)
- CANAPA (CA)
- JUTA (JU)
- RAMIE (RA)
- BAMBOO
- SISAL (SI)
- ABACA (AB)

- **FIBRE RIGENERATE:**

Le fibre rigenerate, o fibre semisintetiche, sono delle particolari fibre tessili che derivano da elementi naturali ma che necessitano di una lavorazione chimica per poter essere impiegate nella produzione tessile.

(Fig. 436)

Le fibre rigenerate più utilizzate nel mondo dei rivestimenti nautici sono:

- FIBRE DERIVANTI DALLE PROTEINE DELLA SOIA (PR)
- FIBRE DERIVANTI DALLA CASEINA DEL LATTE
- RAYON, DERIVANTE DALLA CELLULOSA
- ACETATE (AC)
- TRIACETATO (TA)
- CUPRO (CU)
- MODAL (MD)
- VISCOSA (VI)
- LYOCCELL (CLY)

- **FIBRE SINTETICHE:**

Queste fibre nascono dalla polimerizzazione in catene complesse di elementi chimici semplici e danno la possibilità di creare tessuti di svariata fattura e qualità, riproducendo sinteticamente le fibre di origine naturale.

(Fig. 437)

Le fibre più utilizzate per la creazione di tessuti sintetici sono:

- POLIAMMIDE/NYLON (PA)
- POLIESTERE (PL)
- ELASTAN/LYCRA (EA)
- POLIACRILICO (PC)- spesso abbinato alla lana
- POLIETILENE (PE)- utilizzato per tessuti più tecnici
- POLIURETANO (PU)
- OLEFINA- derivante dal POLIPROPILENE (PP)
- POLIVINILCLORURO (PVC)
- ARAMIDE



Fig. 435

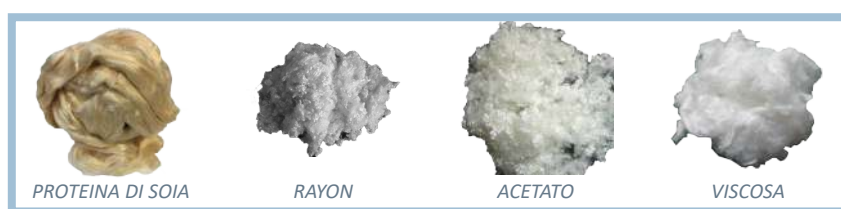


Fig. 436



Fig. 437

Con i fili composti da fibre, che siano esse naturali, rigenerate o sintetiche, si procede alla filatura, ovvero alla produzione delle varie tipologie di filato con cui vengono prodotti i tessuti. Di base i filati vengono prodotti da due o più fili ritorti (attorcigliati tra loro), uniti quindi solo per mezzo di una torsione.

(Fig. 438)

Principalmente i filati si classificano in:

- **Filati ritorti semplici:** costituiti da due o più fili dello stesso titolo e qualità, vengono ritorti tra loro senza che ne risulti un effetto particolare. Per tessuti di rivestimento si usano solitamente filati a due o a tre capi.
- **Filati ritorti complessi:** costituiti dalla torsione di due o più filati ritorti semplici, uguali o di diverso titolo e/o qualità. Sono nettamente più resistenti e per questo motivo vengono selezionati più frequentemente per il rivestimento di sedute e divani, più soggetti alle abrasioni rispetto ai pannelli di rivestimento.

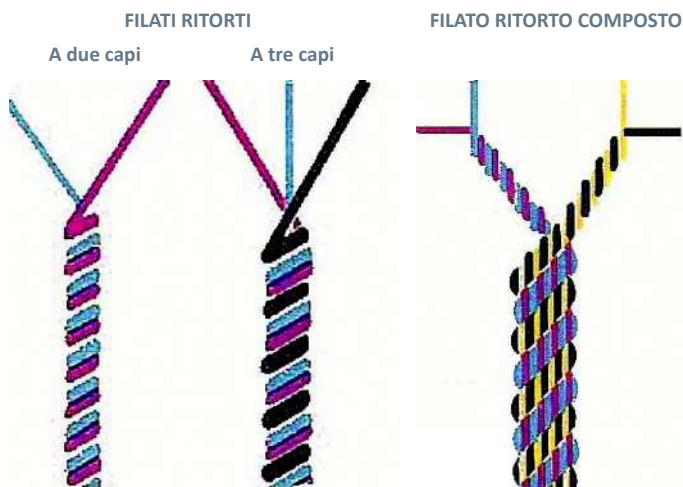


Fig. 438

È tramite la tessitura dei filati che nasce il tessuto finito. Ogni tessuto, a seconda del processo di tessitura subito, presenterà una specifica armatura, ovvero la struttura dell'intreccio composta da due elementi, trama e ordito.

(Figg. 439, 440)

Semplicisticamente, la trama è l'insieme dei filati orizzontali che corrono da una cimosa all'altra ed inserita nel passo dell'ordito, insieme dei filati verticali.

La trama viene spinta nel passo dell'ordito grazie al passaggio da un lato all'altro del telaio di una navetta (oppure spolino/spoletta) che srotola il filato successivamente battuto dal pettine per avvicinarlo al filo di trama della riga precedente.

Esistono varie tipologie di trama:

1. **Trama slegata o slegatura di trama:** trama che passa sopra ad alcuni fili contigui dell'ordito.
2. **Trama lanciata:** trama supplementare a quelle che formano la base del tessuto, va da una cimossa all'altra e appare solo sul diritto del tessuto.
3. **Trama spolinata o broccata:** trama che viene inserita solamente per la larghezza del disegno che si vuole ottenere grazie ad un'apposita navetta che si chiama spolino.

L'ordito invece, chiamato anche catena, è l'insieme di filati posti in verticale, paralleli quindi alle cimose.

I fili dell'ordito vengono fatti passare attraverso le maglie dei licci e alle fessure del pettine per essere legati al subbio anteriore. Tra i filati si crea un varco, detto passo, nel quale passa la navetta che srotola il filato della trama. Il numero dei fili dell'ordito determina la larghezza del tessuto. La lunghezza dei fili dell'ordito determina la lunghezza della striscia di stoffa o del numero dei pezzi che si otterranno con l'armatura del telaio.

L'armatura varia a seconda dell'intervallo delle intersezioni tra trama e ordito.



Fig. 439

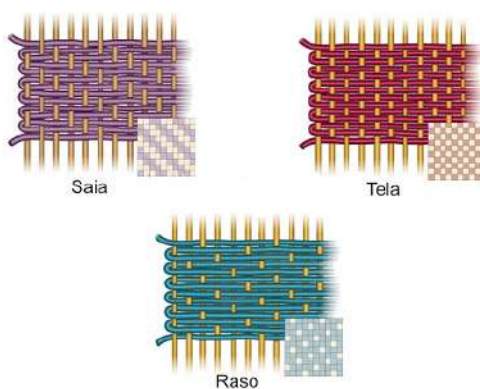
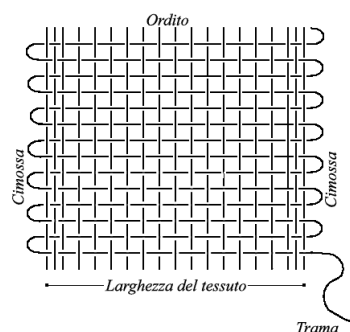


Fig. 440



3.6.6 Pavimentazioni tessili: Moquette

In barca ci si muove scalzi, specialmente nelle cabine. Per questo motivo oltre alla finitura estetica sono importanti le sensazioni tattili ed il comfort che una pavimentazione può offrire.

Tra i rivestimenti più comuni del paiolo (o pagliolo) c'è una particolare tipologia di pavimentazione tessile, la moquette; questa soluzione ha alle spalle una lunga tradizione derivante dai tappeti, che però avevano il limite di ricoprire solo determinate porzioni di calpestio. La pavimentazione tessile come la intendiamo al giorno d'oggi nasce negli anni '50, sviluppata in rotoli facilmente affiancabili in modo da rivestire l'intera superficie. Oltre alle sensazioni di comfort e morbidezza, non esiste una soluzione paragonabile alla moquette in fatto di silenziosità e capacità di smorzare la propagazione di rumori nell'ambiente, per questo è la scelta ottimale per le zone notte. In ultimo, è un discreto isolante termico. Il processo produttivo avviene tramite un telaio, simile alla produzione di normali tappeti attraverso l'intreccio di filati, ciò che contraddistingue la moquette è l'aggiunta di un ultimo strato chiamato "strato di usura" o "pelo". Quest'ultimo è lo strato con cui il fruitore entra in contatto e, a seconda della lavorazione svolta, può presentarsi con caratteristiche visive e tattili molto differenti. Il processo di lavorazione del pelo è noto come "Tufting" e consiste nel ricamare (manualmente o meccanicamente) lo strato di usura sopra al tessuto prefabbricato che avrà la sola funzione di supporto. (Fig. 441) Per migliorare la presa dei nodi sul retro del tessuto grezzo viene talvolta aggiunto uno strato protettivo in lattice o lattice sintetico SBR.



Fig. 441

Le differenze principali tra le varie moquette derivano principalmente da due tipologie di fattori:

- Struttura dello strato di usura
- Materiale di produzione

- **STRUTTURA DELLO STRATO DI USURA:**

Oltre alle tipologie di tufting visibili nella tabella precedente, ogni moquette presenta delle caratteristiche derivanti che la contraddistinguono a livello visivo e sensoriale:

- **Altezza del pelo:** le moquette vengono classificate in moquette a pelo corto, a pelo lungo e a pelo alto. Le più confortevoli sono quest'ultime, il cui strato di usura ha un'altezza superiore a 5 mm
- **Densità del pelo:** un dato chiave per descrivere la qualità di una moquette è la distanza tra un pelo e l'altro, o piuttosto la quantità di sporgenze per metro quadro. Una moquette di alta qualità supera nettamente i 100.000 peli per metro quadro.
- **Peso del pelo:** questo dato è direttamente proporzionale alla densità e alla lunghezza, anche se è legato chiaramente anche al materiale del filato. Si misura in g/m² e si basa solamente sullo strato di usura, senza quindi considerare il tessuto di supporto. I prodotti di alta qualità hanno generalmente una grammatura uguale o superiore a 700 g/m².

- **MATERIALE DI PRODUZIONE:**

È opportuno sottolineare nuovamente che la moquette è costituita da un doppio processo produttivo: il tessuto strutturale e lo strato di usura.

Il primo è un tessuto intrecciato a tutti gli effetti ed in quanto tale la tabella dei materiali si rifà a quella del paragrafo sui tessuti, che siano essi naturali (animali e vegetali), semisintetici e sintetici.

Anche la produzione dello strato di usura è realizzata con filati derivanti da fibre appartenenti a queste tre categorie con le relative sottocategorie, ma si discostano leggermente da quelle dei tessuti tradizionali, con un ventaglio leggermente ridotto.

Le fibre naturali-animali più utilizzate sono:

- LANA (WO)
- SETA (SE)

Le fibre naturali-vegetali più utilizzate sono:

- COTONE (CO)
- JUTA (JU)
- SISAL (SI)
- GIUNCO
- COCCO (CC)

Le fibre semi-sintetiche più utilizzate sono:

- ACETATE (AC)
- TRIACETATO (TA)
- VISCOSA (VI)

Le fibre sintetiche più utilizzate sono:

- POLIAMMIDE/NYLON (PA)
- POLIESTERE (PL)
- ELASTAN/LYCRA (EA)
- POLIACRILICO (PC)
- MODACRILICO (MA)
- POLIPROPILENE (PP)

Le moquette possono essere acquistate in rotoli, in quadrotti o in listoni e la posa, una volta concluso il taglio, è un'operazione relativamente semplice. La pavimentazione tessile infatti non viene incollata, bensì solamente appoggiata facendo attenzione ad alcuni piccoli accorgimenti.

Il primo riguarda la posa di un sotto-moquette, un tappeto antiscivolo che aggrappi sia sul pavimento grezzo sia sul tessuto strutturale della moquette in modo che quest'ultima non abbia libertà di scorrimento e quindi non rischi di spostarsi.

Il sotto-moquette utilizzato in campo nautico è il feltro, posizionato in pezze a ricoprire l'intera superficie da rivestire. (Fig. 442)



Fig. 442

Ne esistono prevalentemente due tipologie, il feltro animale, più utilizzato in unità datate, ed il feltro sintetico (100% PP-PES), scelta attualmente più riscontrata.

Saltuariamente il feltro viene incollato con biadesivo, anche se è una scelta poco praticata. Questo strato, oltre a garantire il grip della moquette, contribuisce ad un isolamento termico maggiore, aumentando inoltre lo spessore del manufatto a vantaggio del comfort.

Il secondo accorgimento invece è la finitura perimetrale. La moquette dal momento che viene tagliata rischia di sfilacciarsi e di indebolirsi, creando così pieghe indesiderate, soprattutto agli angoli. Per questo motivo è necessario prevenire un metodo per evitare che ciò accada.

La scelta più raffinata è quella di creare una bordatura perimetrale che aiuti a mantenere l'apertura del rotolo, contribuendo ad offrire inoltre una chiusura

Nylon

visiva alla pavimentazione che non risulterà quindi “incompleta”; solitamente la bordatura viene effettuata con fibre di Nylon, anche se non è raro trovare bordature della stessa fibra con cui è stato prodotto lo strato di usura.
(Fig. 443)



Fig. 443

Alluminio

Acciaio Inox

Ottone

Nichel

PVC

Un secondo metodo, meno raffinato ma forse più efficace, consiste nel posizionamento di profili in alluminio, acciaio inox, ottone, nichel, PVC o nell’ essenza scelta per il decoro dell’ambiente.
(Fig. 444)



Fig. 444

3.6.7 Pietre, Eco-pietre ricostruite, finte pietre e alleggerimenti

I rivestimenti in pietra sono spesso utilizzati per esaltare la raffinatezza e l’eleganza di un ambiente, che sia esso una zona giorno, una cabina o un bagno.
(Figg. 445, 446)



Fig. 445



Fig. 446

Oltre al marmo vi sono altre pietre naturali utilizzate nell'arredamento nautico, quali: il Granito, il Travertino, l'Onice e la Quarzite. (Fig. 447)

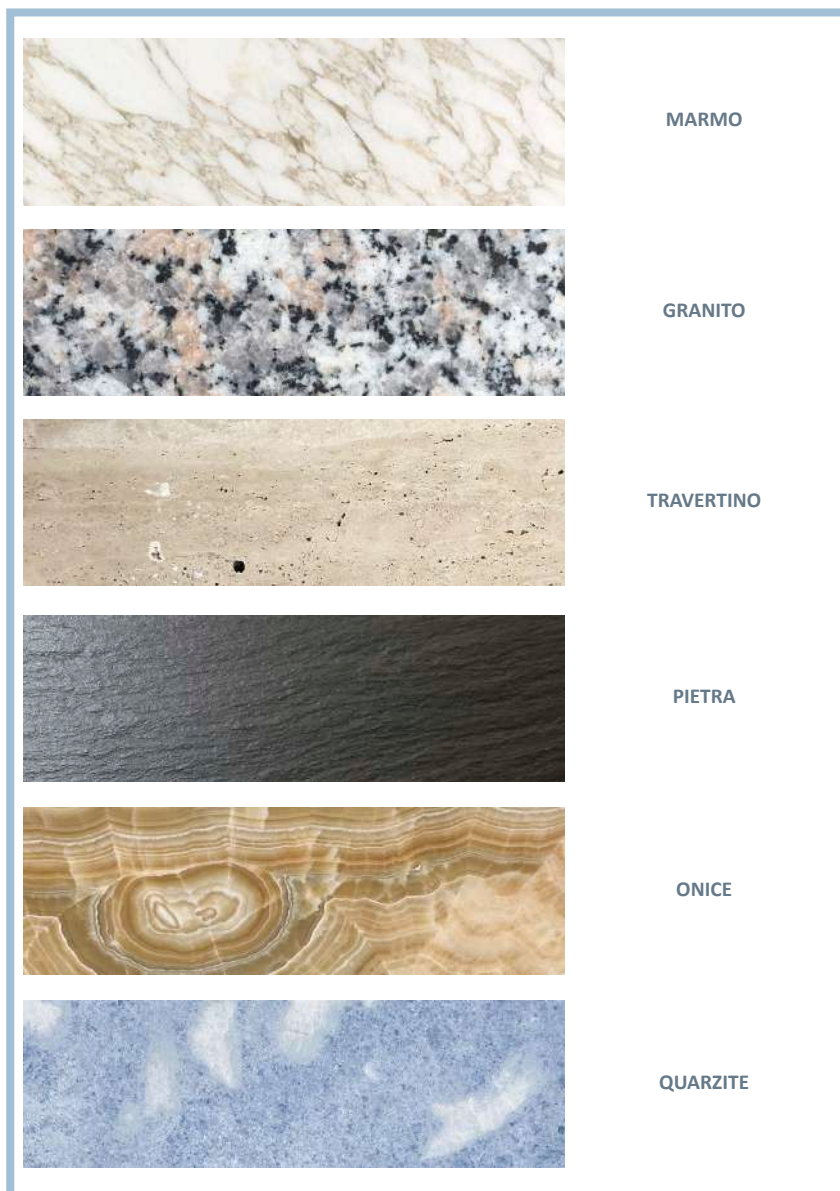


Fig. 447

Nonostante le apparenze, in unità da diporto sotto i 24 metri è quasi impossibile trovare lastre piene in pietra per via del peso e dei costi eccessivi. Oltre alle tecniche di alleggerimento, o combinate ad esse, talvolta le pietre lasciano il posto alle cosiddette pietre ricostruite o addirittura a riproduzioni artificiali.

- **PIETRE ALLEGGERITE:**

Sulla stessa filosofia dei pannelli in legno alleggerito, le lastre sottilissime in pietra ed eco-pietra installate a bordo subiscono un processo artificiale di stratificazione utilizzando pannelli di supporto di varia natura aventi un peso specifico nettamente inferiore. (Fig. 448)



Fig. 448

Il supporto può essere di varia natura e materiale, di seguito sono analizzati i tre metodi maggiormente applicati.

1. **Honeycomb in alluminio:** gli alleggeriti in honeycomb di alluminio sono i più utilizzati data la loro estrema resistenza a compressione. La lastra di pietra viene incollata su un vero e proprio pannello in sandwich, infatti la struttura a nido d'ape è racchiusa tra due pelli in vetroresina oppure incollata a due sottili piastre di alluminio. L'incollaggio avviene con una resina epossidica. Questo tipo di alleggerimento consente la creazione di lastre e di profili, inoltre sia la pietra che lo spessore in sandwich si adattano facilmente al passaggio di impianto elettrico, idraulico ed illuminazione. (Figg. 449, 450, 451, 452)

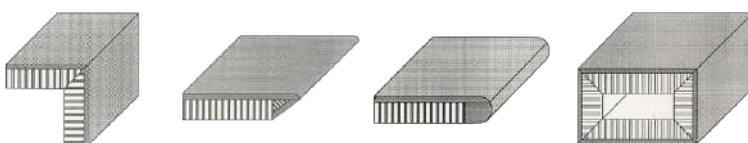


Fig. 449



Fig. 450

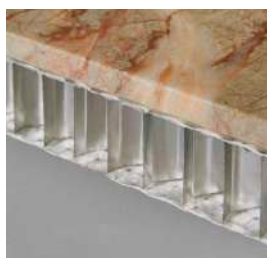


Fig. 451

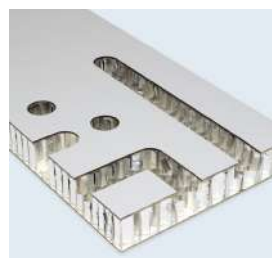


Fig. 452

polipropilene
PVC

2. **Honeycomb sintetico:** talvolta l'alveolare di supporto può essere realizzato in Polipropilene o in PVC, con caratteristiche meccaniche simili all'honeycomb in alluminio. Uno dei vantaggi di questo materiale è la sua traslucidità che, con un'adeguata retroilluminazione, permette di ottenere effetti scenografici degni di nota. (Figg. 453, 454, 455)



Fig. 453



Fig. 454



Fig. 455

Poliuretano ad alta
densità

3. **Pannelli in schiuma poliuretanica ad alta densità:** la problematica dei pannelli in honeycomb è che non sono ottimali per creare spessori in cui inserire fori per cerniere, bussole o altri sistemi di fissaggio. Per questo motivo talvolta è utile preferire pannelli di supporto pieni. I più utilizzati sono quelli in schiuma poliuretanica ad alta densità, solitamente accoppiati a pelli in vetroresina o in vetro bitumato. (Figg. 456, 457)



Fig. 456



Fig. 457

- **ECO-PIETRE:**

Con il termine eco-pietra, o più correttamente pietra ricostruita, si intende una categoria di simil-pietre costruite artificialmente a partire da materie non estratte da cave, miscelate tra loro senza l'aggiunta di resine artificiali. (Fig. 458)

La creazione di queste pietre



Fig. 458

Vetro temperato

PVC

**3.6.8
Altro (Corian, gres
e resine, Rimex,
vetri, plexiglas e
altre trasparenze,
carte da parati,
vinilici)**

Corian®

prevede l'utilizzo di cemento, sabbia, argilla, perlite miscelate in acqua e colate in appositi stampi. La colorazione superficiale è data dall'aggiunta di ossidi di ferro ed altri additivi naturali. Nonostante il costo sia davvero ridotto, questa tipologia di pietre non è quasi presente in unità da diporto data la loro fragilità e difficoltà di lavorazione in spessori ridotti, motivo per cui vengono prodotti pezzi di dimensioni contenute, non paragonabili alle lastre in pietra estratta.

È stata rilevata solamente su alcune unità più datate.

- **FINTA PIETRA:**

Alcuni cantieri optano invece per utilizzare delle lastre in materiali differenti dalla pietra naturale ma che sono in grado di riprodurre fedelmente le venature naturali, rendendoli quasi indistinguibili.

Esistono due tecnologie principali:

1. Retro-stampa con vernici ceramiche su lastre di vetro temperato. (Fig. 459)

2. Riproduzione delle venature tramite miscele di ceramica/porcellana. Ne esistono di differenti tipologie e verranno approfonditi maggiormente nel paragrafo successivo (3.6.8).

3. Come per i legni, anche le pietre hanno la possibilità di essere verosimilmente riprodotte da materiali polimerici, in particolar modo da PVC puro, anche se in tempi recenti è stato quasi completamente superato da piastrelle a base di una miscela ad alta valenza estetica chiamata LVT (Luxury Vinyl Tiles).



Fig. 459

Una volta conclusi i rivestimenti standard è necessario approfondire altri possibili materiali presenti a bordo, oltre ad una serie di ulteriori compositi sintetici/artificiali che possono essere installati a sostituzione/accoppiati ai materiali più comuni.

- **CORIAN®:**

Il Corian®, anche chiamato pietra acrilica, è un materiale ampiamente utilizzato per i rivestimenti dei piani cucina e i piani bagno per via della sua resistenza, durabilità e semplicità di pulizia. (Fig. 460)



Fig. 460

È un materiale composito, generato da una miscela a base di 2/3 di idrossido di alluminio (triidrato) e 1/3 di resina acrilica (polimetilmetacrilato). Inoltre, con l'aggiunta di pigmenti di colore, è possibile tingere in qualsiasi tonalità oltre ad offrire la possibilità di riprodurre texturizzazioni superficiali simil-pietra e talvolta simil-legno. (Figg. 461, 462)

Tra i grandi vantaggi di questo materiale spiccano la possibilità di assumere qualsiasi forma e dimensione ed essere lavorabile al pari di un legno, talvolta utilizzando dei torni, ma soprattutto la possibilità di ripristinarne la superficie in seguito a graffi o bruciature con solamente una leggera carteggiata, essendo un solido dalla struttura interna omogenea.



Fig. 461



Fig. 462

- **GRES PORCELLANATO:**

Abbiamo già introdotto questo materiale trattando dei piatti doccia. Infatti il Gres porcellanato è un materiale che, come il vetro, una volta completato il ciclo di cottura (vetrificazione o greificazione) risulta completamente impermeabile. Inoltre è durissimo, al punto che per forarlo è necessario l'utilizzo di speciali punte diamantate.

Questo materiale è composto dalla sinterizzazione di una miscela a base di argille ceramiche, feldspati, caolini (utilizzati per la produzione di porcellana, da qui l'aggettivo porcellanato) e sabbia, materie prime che vengono macinate fino a raggiungere una polvere a granulometria omogenea adatta alla pressatura.

Il Gres può essere lasciato grezzo oppure colorato in pasta; talvolta viene smaltato superficialmente.

Può essere utilizzato in due versioni:

1. **Gres Porcellanato Naturale:** anche detto Gres Tecnico, che presenta un effetto marmorizzato molto simile al marmo naturale. (Fig. 463)
2. **Gres Porcellanato Smaltato:** in questa tipologia di Gres è possibile in sezione notare lo strato omogeneo di struttura e la laccatura superficiale protettiva che, penetrando nei pori

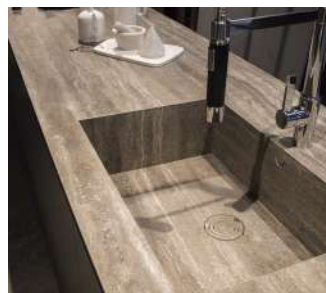


Fig. 463

della piastrella o lastra di supporto, impedisce qualsiasi infiltrazione di sporco, risultando ancora più pratico da pulire. Inoltre la smaltatura permette di realizzare qualsiasi effetto e texturizzazione desiderata. (Fig. 464)



Fig. 464

Per questo motivo viene spesso sostituito alle pietre, risultando pressoché identico.

- **RESINE:**

Anche le resine sono spesso usate per la creazione di rivestimenti, principalmente per i top di arredi e pannelli per il ciellino. Le resine utilizzate sono a base epossidica, poliuretanica o metacrilica.

Possono essere utilizzate miscelate polveri, inerti, pigmenti colorati, nonché con elementi decorativi di dimensioni medio-piccole.

Ad esempio viene miscelata a polvere di quarzo o silicio per dare un effetto pietra relativamente verosimile.

Sono comunque meno utilizzate del Gres e del Corian, rilevate principalmente in unità più datate.

Un esempio di altissima qualità utilizzato come rivestimento è l'Okite (2,11 Kg/dm³), una miscela di polvere di quarzo e resina poliestere, con l'aggiunta di pigmenti di origine naturale ottenuti da minerali ferrosi.

Un'altra applicazione di queste resine è nella produzione del Fenix, un materiale nato dalla miscelazione di resine di ultima generazione e cellulosa. Questo materiale, in entrambe le sue versioni Fenix NTM e Fenix NTA, rientra nella categoria degli smart materials, grazie alla sua capacità di autorigenerazione superficiale tramite applicazione di calore.

- **RIMEX:**

Il Rimex, anche detto Acciaio Inox Rigidizzato 13SD, è a tutti gli effetti un acciaio che ultimamente viene spesso utilizzato come rivestimento di pannelli estetici. Il motivo per cui non è stato inserito nei metalli tradizionali è che è un marchio registrato prodotto esclusivamente dalla Rimex Metals UK.

- **TRASPARENZE:**

È possibile incontrare pannelli trasparenti oltre ai già nominati oblò e boccaporti. Ripiani trasparenti, vetrinette, box doccia, sono tutti elementi molto utilizzati in barca poiché, grazie alla loro traslucidità, aiutano a modificare la percezione



Fig. 465

Rimex

Vetro temperato

Vetro laminato

Polycarbonato

Polimetilmetacrilato

PVC

dell'ambiente come più ampio.
(Fig. 465)

I materiali più utilizzati sono il vetro temperato, il vetro laminato, il polycarbonato PC, il metacrilato PMMA ed il PVC.
(Fig. 466)



Fig. 466

- **CERAMICA:**

Su alcune unità, i sanitari, specialmente i lavelli, possono essere in tradizionale ceramica. In realtà nella produzione contemporanea è molto meno utilizzata, sostituita da Gres, Corian® o altro, a seconda delle scelte estetiche ricercate dal progettista.

- **CARTE DA PARATI:**

La carta da parati è molto apprezzata in unità da diporto, specie di dimensioni abbastanza sostenute. Può essere utilizzata come testa-letto, come dettaglio in una nicchia o come rivestimento di un'intera paratia.
(Fig. 467)

Esistono differenti tipologie di carte da parati, ma le più usate restano quelle in tessuti di cellulosa naturale. Restando sulla materia prima naturale, vengono spesso utilizzate carte da parati in lino, juta, cotone e seta.

Andando sui materiali sintetici invece, le più utilizzate sono quelle stampate su tessuto-non-tessuto di fibre viniliche o di fibre in poliestere. Esistono inoltre carte da parati in fibra di vetro.



Fig. 467

- **LEGNO VINILICO:**

Come nell'edilizia, anche nella nautica si fa sempre di più uso di rivestimenti vinilici che riproducono l'effetto del legno naturale. (Fig. 468)

I vantaggi sono il costo, il peso e la semplicità di manutenzione, anche se le sensazioni tattili sono differenti dal legno naturale. La scelta di questa tipologia di



Fig. 468

Ceramica

Lino

Juta

Cotone

Seta

Fibre viniliche

Fibre poliestere

PVC

rivestimento ad esempio si ritrova ormai quasi come costante per simulare le essenze nella zona equipaggio, specialmente a calpestio.

Ricompare quindi il già citato LVT, ovvero PVC ad alta valenza estetica decorato con uno strato melamminico, spesso fornito in listelli simil-parquet incastrabili tra loro.

La base di supporto sagomata solitamente è nuovamente in PVC, con all'interno un foglio di fibra di vetro che garantisce una maggior stabilità dimensionale. La base è nuovamente in PVC sagomato.



Fig. 466

Ci sono tipologie di LVT che si posano ad incollaggio totale ma sono raramente utilizzati. Altri sono dotati fin dall'origine di un foglio adesivo, ma i più impiegati sono quelli che presentano un incastro perimetrale. In questo caso possono essere appoggiati direttamente sul grezzo oppure, come i tradizionali pavimenti flottanti, su un foglio fonoassorbente antiscivolo in PVC o in Polietilene PE.

Polietilene

- **SPECCHI:**

Come le trasparenze, anche gli specchi sono un ottimo escamotage per creare l'illusione di ambienti più spaziosi. (Figg. 467, 468)

Gli specchi utilizzati in barca possono essere di due tipologie:

1. **Specchi tradizionali:** lastra di vetro dietro alla quale è depositato e fissato tramite elettrolisi un sottile strato di argento o alluminio.
2. **Specchi metallici:** sono più resistenti, ma di qualità inferiore. Si ottengono dalla massima lucidatura di lastre in Acciaio Inox fino a risultare simili ad un tradizionale specchio in vetro.

Vetro
Argento
Alluminio
Acciaio Inox



Fig. 467



Fig. 468

3.6.9 Illuminotecnica

Un fattore importante per la valorizzazione di qualsiasi ambiente interno è il sistema di illuminazione. (Figg. 469, 470, 471)

Essa è affidata a spot light fisse o orientabili, luci decorative, strip light, luci di lettura o segna-passi, tutti elementi che sono nella quasi totalità dei casi acquistati presso produttori terzi. È quindi impossibile analizzare le numerose differenze e variabili che distinguono un modello da un altro. Possiamo ugualmente fare una prima scrematura tra i differenti sistemi di illuminazione basandoci sulla tecnologia emissiva. Nonostante l'illuminazione a led sia la più utilizzata per via dei costi contenuti, della durata e della versatilità, vengono tuttavia utilizzate anche tecnologie più tradizionali; inoltre, considerando l'intero parco nautico costruito attualmente esistente, è corretto considerare anche tecnologie ormai in disuso, come ad esempio l'illuminazione alogena. A seconda della tipologia di lampadina utilizzata cambiano i materiali di isolamento e le modalità di smaltimento.



Fig. 469



Fig. 470



Fig. 471

- **LAMPADE AD INCANDESCENZA:**

È la prima lampada comparsa, quasi mai utilizzata nelle unità da diporto e sicuramente non più contemplata al giorno d'oggi. Nonostante questo, nelle primissime barche era una soluzione talvolta adottata, nonostante la bassissima efficienza luminosa; solo il 5% dell'energia elettrica viene trasformata in luce, la restante parte viene dispersa nell'ambiente sotto forma di calore. Illumina grazie al passaggio di elettricità all'interno di un filamento di tungsteno contenuto in un bulbo in vetro.

Dal 2012 la produzione di queste lampade non è più contemplata, fatta

Tungsteno
Vetro

Alluminio
Ottone
Rame
Bronzo

eccezione per casi particolari come le lampadine ad incandescenza presenti in determinati elettrodomestici.

La base, detta virola, può essere in alluminio, in ottone, in rame o in bronzo. (Fig. 472)

Non ci sono rischi per l'ambiente per cui il suo smaltimento è possibile nel tradizionale bidone dell'indifferenziata.



Fig. 472

- **LAMPADE ALOGENE:**

Le lampade alogene sono le sostitute dirette di quelle ad incandescenza. Il processo di produzione della luce è simile, come lo sono i materiali. Ciò che cambia è la durata molto maggiore poiché il filamento di tungsteno è avvolto in una protezione di vetro contenente gas inerte Argon/Kripton. (Fig. 473)

Queste lampade hanno la possibilità di essere combinate ad un dimmer che regoli il passaggio di energia e di conseguenza l'intensità della luce emessa.



Fig. 473

Anche questo tipo di lampada non prevede uno smaltimento speciale, non contenendo materiali nocivi.

- **LAMPADE FLUORESCENTI:**

Questo tipo di lampade, famose anche come lampade a basso consumo o a risparmio di energia, offrono una durata di vita nettamente maggiore rispetto ai modelli ad incandescenza ed alogene, emettendo una luce che viene definita indiretta. Il rivestimento esterno è sempre in vetro, ma all'interno sono presenti delle polveri fluorescenti sospese in uno strato di gas ai vapori di mercurio a bassa pressione; al passare della corrente questi vapori subiscono un'eccitazione, trasformandosi in luce. (Fig. 474)



Fig. 474

Data la presenza di mercurio all'interno, questo tipo di lampade deve essere smaltite in apposite sedi.

- **LAMPADE A LED:**

Come premesso, ormai quasi ogni lampada presente a bordo di unità da diporto è di tipo a LED, anche perché grazie a questa tecnologia è possibile creare qualsiasi tipologia di lampada a livello morfologico, oltre ad offrire la possibilità di raggiungere facilmente qualsiasi intensità desiderata, scegliendo la temperatura e addirittura lo specchio cromatico

dell'emissività. (Fig. 475)

La tecnologia a LED, acronimo di Light Emitting Diodes, è definito un semiconduttore che produce luce grazie al passaggio di cariche elettriche in una giunzione di silicio.

Le lampade a LED possono essere smaltite facilmente nell'indifferenziata non presentando materiali o gas nocivi all'ambiente.



Fig. 475

Esistono differenti tipologie di lampade e sistemi di illuminazione a led: (Fig. 476)

1. **LED multiplo:** è la prima tecnologia a led apparsa e prevede l'affiancamento, in agglomerati o in fila, di più LED singoli a seconda del raggio luminoso desiderato.
2. **LED SMD:** è la tipologia più diffusa sul mercato, utilizza un sistema di chip LED posati su schede stampate in ceramica e alluminio vetrificato; solitamente sono costituiti da quadratini plastificati di altezza e spessore molto ridotti. Il superiore ospita la superficie emittente mentre ai due lati contrapposti vengono saldati i piedini d'ingresso e di uscita dell'alimentazione. All'interno di queste piastre possono essere presenti uno o più circuiti LED.
3. **LED COB:** questa tecnologia è un'ulteriore evoluzione del LED SMD; si tratta di un modulo unico costituito da un substrato di LED multipli saldati, facendo sì che necessitino di un solo circuito e due contatti per l'intero chip, indipendentemente dal numero di diodi.
4. **LED A FILAMENTO:** questo tipo di lampadine è molto recenti (2014). I LED sono saldati tra loro utilizzando la tecnologia COB ma con la posizione in serie dei LED appoggiati a barrette in vetro o zaffiro. Così facendo si ottengono dei filamenti simili alle lampade ad incandescenza. Queste lampade permettono l'emissione della luce a 360° in maniera uniforme. Il colore può variare a seconda della patina (gialla o arancione) applicata lungo il filamento.
5. **LED A TUBO:** morfologicamente sono simili alle lampade fluorescenti ma, al contrario di esse, non contengono gas; al suo posto vi è una serie di LED con all'estremità del tubo gli attacchi per le plafoniere. Il vetro che li contiene può essere trasparente o opaco. Vengono utilizzati principalmente per l'illuminazione di ambienti tecnici, ma talvolta sono presenti anche nelle zone ospiti.

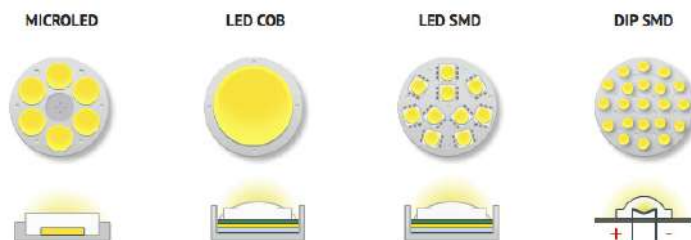


Fig. 476

Le lampadine hanno dei sistemi di innesto standardizzati molto differenti l'uno dall'altro a seconda se il porta-lampada è un faretto ad incasso, un'appliche, uno spot-light ecc. ecc. Ogni attacco è classificato con una sigla unica e le tipologie si suddividono in attacchi a vite, a baionetta, a doppia spina e plug-in. (Fig. 477)

1. **ATTACCO A VITE:** universalmente noto come Screw-Base, è la prima tipologia di attacco esistente, derivante dalle lampadine di Edison da cui prendono la lettera "E" nella classificazione generale. La virola è filettata e può avere diametri differenti, per cui alla lettera E si aggiunge un valore numerico che indica il diametro in mm. Le più note sono la E27 e la E14, anche chiamata "Mignon". Altri due diametri di attacco molto meno usati sono l'E40, detta anche "Golia" e l'E10, o "Nano". In realtà esistono molti altri diametri speciali nella categoria E ma non sono stati rilevati in unità da diporto.
2. **ATTACCO A BAIONETTA:** morfologicamente sono simili agli attacchi a vite ma presentano una virola non filettata di corpo cilindrico liscio con due sporgenze contrapposte. Quest'ultime si infilano in apposite scanalature sagomate ad "L" presenti nel porta-lampada. Nella parte inferiore del porta-lampada inoltre è presente una molla in acciaio su cui la virola viene premuta e ruotata, restando così incastrata. La sigla che identifica lampade con questo attacco è la lettera "B". Sono stati scarsamente rilevati a bordo di unità da diporto.
3. **ATTACCO GU:** Questo tipo di attacco prevede sulla base della virola due connettori simmetrici a testa di chiodo dal diametro di 5 mm. Viene classificato dalla lettera "G" derivante dalla parola inglese globular, mentre la lettera U indica la particolare forma del bulbo. In questa categoria rientra il GU10, con una distanza di 10 mm tra il centro dei connettori, che è attacco più diffuso per le lampadine delle lampade ad incasso.
4. **ATTACCO A DOPPIA SPINA:** principalmente questo attacco, detti anche monoattacco, viene impiegato principalmente per le lampade fluorescenti a basso consumo energetico, ma anche per lampade alogene. La virola ha un rivestimento in policarbonato o in pvc da cui escono due o quattro pin

metallici. I Pin possono essere a sezione cilindrica oppure piatti; nel caso di due pin la lampadina ha uno starter (preriscaldamento) automatico, mentre i pin sono quattro quando la lampadina necessita di uno stabilizzatore esterno. Questa tipologia si identifica con la sola lettera G (2pin) o 2G (4pin).

5. **S14S:** Questo attacco è dedicato alle lampade a tubo, sia con tecnologia fluorescente che a LED.
6. **MR16:** questo attacco, è simile al GU ma i suoi connettori ricordano quelli delle spine non avendo una chiusura finale, tant'è che questo attacco prevede che la lampadina si infili solamente. La distanza tra i due centri è di 5,3 mm e per questo talvolta viene classificata come GU5,3 anche se è leggermente differente dalla serie GU. La sigla MR sta per "Multifaceted Reflector" e sono molto utilizzate in unità da diporto contemporanee perché progettate per operare in condizioni di umidità elevata, come cucine, bagni e docce.
7. **GX57:** è considerato un attacco speciale, adatto sia ad uso interno che esterno. La base è piatta e circolare ed è usata per faretti incassati oppure per le lampade a riflettore, ovvero direzionali.



Fig. 477

Abbiamo citato più volte gli spot light ed i riflettori, che non sono altro che delle lampade il cui raggio emissivo è ben direzionato grazie ad una campana o un cono opportunamente studiato per incanalare e riflettere opportunamente la luce. Questo principio è alla base di quasi ogni faretto di illuminazione di unità da diporto e prevede una campana in alluminio, solitamente alluminio 1090, o in policarbonato.

I coni sono poi inseriti in cornici che posso essere in acciaio, alluminio, alluminio vetrificato o gesso ceramico. La trasparenza è data dal vetro.

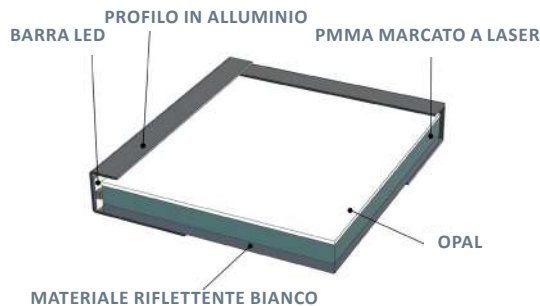
Policarbonato
Polimetilmetacrilato
Opal

Ultimo argomento da trattare nel campo dell'illuminotecnica è la sempre più frequente presenza di pannelli emissivi e strip-led per dare carattere e personalità agli ambienti interni.

I pannelli emissivi sono costituiti da una serie di diodi emissivi contenuti in uno scatolato composto da una base in alluminio che, oltre a supportare le strisce led, contribuisce al raffreddamento del pannello, e da un coperchio in materiale plastico semiopaco. Maggiore è il grado di opacità e maggiore sarà l'effetto di un'unica superficie emissiva omogenea, andando quindi a camuffare l'effetto di serie punti emissivi che darebbe un pannello con copertura trasparente. I due materiali più utilizzati per questa tipologia di copertura semi-opaca sono il policarbonato e ancor meglio il Polimetilmetacrilato. Talvolta viene utilizzato l'Opal, anche detto Vetro Opalino, un pannello 100% vetro dal colore bianco ottenuto grazie all'aggiunta di fluoro.

Una seconda strategia è quella di utilizzare, sempre all'interno di uno scatolato in alluminio, delle barre di illuminazione a led perimetrali la cui luce viene deviata da una lastra di Polimetilmetacrilato marcato a laser. Questa lastra di PMMA grazie alle scanalature ottenute con la marcatura, direziona la luce proveniente dal perimetro deviandola verso la faccia anteriore del pannello. Sul fondo viene inserito un ulteriore materiale riflettente, solitamente alluminio verniciato bianco lucido, che riporta l'eventuale luce dispersa verso la faccia anteriore. Anche in questa tipologia di pannelli la superficie è in materiale semiopaco, che sia Policarbonato, PMMA o Opal. (Fig. 478)

Fig. 478



Al contrario dei pannelli luminosi che sono studiati proprio per essere visibili ed integrarsi come elemento di arredo all'interno di un'unità, le strip-led sono piccole strisce flessibili di lunghezza variabile che, opportunamente nascoste dietro ad elementi di arredo, esaltano le forme, le curve o gli spigoli, offrendo giochi di luce potenzialmente infiniti con colori, intensità differenti.

(Figg. 479, 480)



Fig. 479



Fig. 480

Kapton

PCV

Silicone

La flessibilità di queste strisce luminose è data dal particolare supporto in Kapton, una pellicola Poliimide adesiva sulla faccia posteriore per una rapida posa.

Queste strisce di illuminazione possono essere fissate tramite apposite clip in PVC o in Silicone avvitate.

Il metodo migliore però resta l'incollaggio tramite la striscia adesiva retrostante all'interno di appositi profili rigidi o flessibili in alluminio o in PVC. La copertura di questi profili è in policarbonato.

3.6.10 Extra (Elettrodomestici, domotica e comfort)

All'interno delle unità da diporto, grandi e piccole, l'ambizione al massimo comfort nel minor spazio possibile è una delle prerogative di progetto. Il comfort non si misura solamente a livello fisico-ergonomico, bensì anche in termini di eventuali servizi aggiuntivi atti a migliorare la qualità della permanenza a bordo. Chiaramente l'evoluzione tecnologica ha permesso un'esponentiale riduzione dimensionale di componenti meccaniche e digitali, dando la possibilità di installare a bordo un'ampia gamma di elettrodomestici ed altri comfort appositamente studiati per le unità da diporto.

Chiaramente ogni singolo elettrodomestico o impianto, a seconda del modello e/o del fornitore, può radicalmente cambiare aspetto e materiali, per questo motivo è davvero difficile poter stimare la loro composizione. Fatta questa opportuna premessa, possiamo limitarci ad elencare a scopo informativo quali sono questi servizi aggiuntivi, analizzandone le componenti principali.

- **GENERATORE MARINO:**

Un impianto molto importante che viene installato a bordo di quelle unità che prevedono un grande fabbisogno di energia elettrica anche a macchine ferme è il gruppo elettrogeno. Esso non è nient'altro che un generatore di corrente tramite combustione di carburante. Se ormai ogni generatore marino è alimentato a diesel, su unità più datate è possibile trovare generatori a benzina sia a 4 tempi che a 2 tempi.

Questi veri e propri motori a scoppio sono contenuti all'interno di appositi scatolati in acciaio inox o in vetroresina con interposti fonoassorbenti ed isolanti termici già citati in precedenza. Non è raro trovare gusci interamente rivestiti in Neoprene. Come i motori, anche i generatori sono installati su appositi supporti antivibranti. (Fig. 481)

Acciaio Inox

Vetroresina

Neoprene



Fig. 481

In realtà su barche più piccole dove il generatore non è installabile per mancanza di spazio, ma anche per scelta, è possibile sfruttare un inverter che trasformi la corrente 12 Volt prelevata dalle batterie della barca in 220 Volt generando un'onda di corrente. (Fig. 482)



Essa può essere:

Fig. 482

1. **Onda Sinusoidale Modificata:** non riproduce fedelmente l'onda elettrica della 220V comune e per questo può alimentare solo apparecchiature più semplici, avendo inoltre dei limiti di potenza abbastanza ridotti; esistono anche inverter ad onda quadra ma sono poco utilizzati poiché dalle capacità molto ridotte. (Fig. 483)
2. **Onda Sinusoidale Pura:** riproduce perfettamente l'onda elettrica della 220V e per questo riesce ad alimentare qualsiasi tipologia di apparecchiatura elettrica. Inverter di questo tipo sono nettamente più costosi. (Fig. 483)

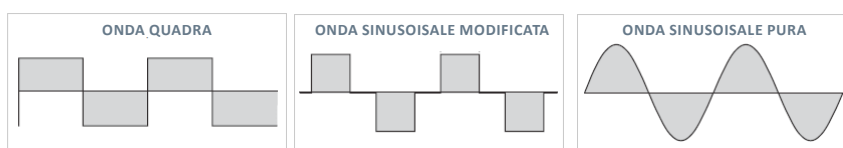


Fig. 483

Il generatore è più pesante, più inquinante e più costoso, nonostante questo viene preferito all'inverter poiché con la giusta manutenzione ha una vita maggiore. Inoltre non preleva energia dalle batterie, anzi volendo può lavorare in parallelo o al posto di esse, scongiurando rischi di restare senza elettricità a bordo. L'uso dell'inverter al contrario grava sulle batterie, obbligando una maggiore attenzione e monitoraggio del bilancio elettrico complessivo; inoltre le batterie subiscono maggiori cicli di ricarica, accorciandone la durata e obbligando l'acquisto più frequente di batterie nuove con costi che, a lungo andare, possono superare quelli di un generatore tradizionale.

Unità più moderne lavorano con generatori ed inverter associati: il generatore ricarica apposite batterie dedicate alle utenze di bordo che daranno corrente all'inverter per la trasformazione di corrente a 220 Volt. L'inverter è usato anche per la trasformazione in 220V dell'energia solare ricavata da eventuali pannelli fotovoltaici.

- **IMPIANTO ACQUA CALDA:**

Può essere scontato, ma l'acqua calda in barca non è necessariamente presente, specialmente su unità da diporto più datate, anche di grandi dimensioni.

Per scaldare l'acqua si utilizzano boiler nautici atti ad operare in ambiente marino. Vengono installati in sala macchine e sono esclusivamente elettrici per motivi di sicurezza. (Fig. 484)

Esistono principalmente due strategie per la produzione di acqua calda in barca in base allo stato di navigazione o di rada dell'unità, con boiler che talvolta danno la possibilità di lavorare in entrambi i regimi.



Fig. 484

Il primo metodo consiste nello scaldare l'acqua tramite una resistenza, nella maggior parte dei casi in rame o in acciaio, posta all'interno del serbatoio in acciaio inox separato dalla serpentina di accumulo per mezzo di polietilene espanso. Le valvole di entrata ed uscita e di miscelazione sono in acciaio inox o in ottone. Questo metodo chiaramente assorbe una buona dose di energia elettrica e perciò boiler di questo tipo vengono utilizzati se attaccati alla presa in banchina oppure se presente a bordo un generatore di corrente.

Il secondo metodo invece prevede l'utilizzo dell'acqua presente nel circuito dello scambiatore di calore dei motori endotermici. Infatti su ogni motore marino è opportunamente predisposta una serpentina in cui corre acqua (solitamente salata) atta al raffreddamento dei motori. In alcuni unità lo scambiatore invia l'acqua scaldata nel raffreddare i motori direttamente alla serpentina del boiler, così da scaldare l'acqua all'interno del serbatoio.

Questo metodo chiaramente necessita che l'unità sia in movimento o comunque con il gruppo propulsivo acceso e permette tranquillamente di portare l'acqua fino a temperature maggiori di 80°C.

In questo caso è fondamentale la posizione in cui il boiler viene installato per due motivi:

1. Se il boiler è troppo distante dall'apparato motore i tubi di raccordo avranno necessariamente una corsa maggiore, implicando così con una perdita di calore più consistente e rendendo poco efficaci la scelta di questo tipo di soluzione.
2. Se il boiler è posto allo stesso piano o più in alto dello scambiatore

di calore del circuito di raffreddamento, sarà necessario un vaso di espansione. Al contrario l'ideale è posizionare il boiler più in basso così da poter avere un collegamento diretto con lo scambiatore di calore.

Il passaggio di acqua con una temperatura superiore a circa 60°C obbliga l'utilizzo di appositi tubi di cui abbiamo già trattato precedentemente. Inoltre per ottenere un buon isolamento acustico spesso viene creato un guscio esterno in vetroresina con interposto uno strato di poliuretano espanso ad alta densità.

- **IMPIANTO ARIA CONDIZIONATA/ RISCALDAMENTO:**

Ormai la maggior parte delle unità da diporto destinate ad un utilizzo crocieristico offre la possibilità di climatizzare gli ambienti interni. L'aria condizionata ed il riscaldamento in barca possono essere offerte da sistemi monoblocco oppure da un impianto centralizzato. Il funzionamento resta sempre il medesimo, basandosi su secondo un ciclo a compressione di vapori di refrigerante che trasferiscono il calore tra l'aria interna all'imbarcazione e l'acqua del mare pescata da apposite prese a mare e successivamente ri-immessa in mare. Se si desidera utilizzare l'impianto per raffreddare l'aria interna alla cabina, nella maggior parte degli impianti di condizionamento, viene aspirata attraverso delle griglie dette "riprese" grazie ad un ventilatore; successivamente viene fatta passare all'interno dell'evaporatore, dal quale esce raffreddata e deumidificata. Il liquido refrigerante sottrae calore all'aria, evaporando ed entrando in un compressore che ne incrementa la pressione e la temperatura. Passando nello scambiatore ad acqua perde nuovamente temperatura ricondensandosi, cos' da passare attraverso un capillare che lo immette nuovamente nell'evaporatore così da ripetere il ciclo. (Fig. 485)

I materiali principali riscontrati sono alluminio, acciaio inox, rame, ABS, neoprene, poliuretano, PVC.

Alluminio
Acciaio Inox
Rame
ABS
Neoprene
Poliuretano
PVC

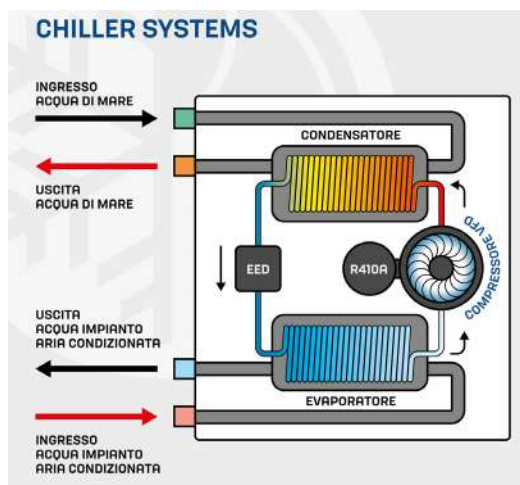


Fig. 485

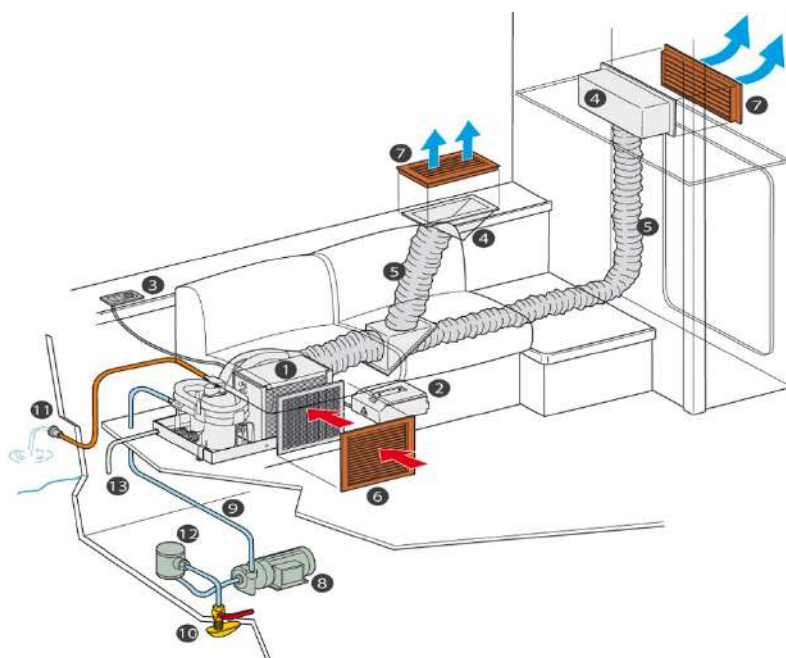


Fig. 486

Come possiamo vedere nella *figura 486*, allo scambiatore di calore in sé (1) è necessario sommare una serie di altri elementi per creare l'impianto, a partire da una scatola elettrica dedicata (2) a ad un pannello di controllo (3) che può essere singolo o centralizzato. La mandata dell'aria passa attraverso ad un plenum (4), nella grande maggioranza dei casi in alluminio, scorrendo in appositi tubi coibentati già citati precedentemente (solitamente in alluminio e fibra di poliestere). Le griglie di ripresa (6) e di mandata (7), essendo a vista, possono essere trattate con diversi materiali per meglio integrarsi al design dell'ambiente; se invece si ripiega su scelte standard, le più adottate dai fornitori sono in alluminio o in plastica stampata (ABS principalmente). L'acqua di mare viene aspirata e messa in circolo da una pompa (8) all'interno delle condotte (9) che la portano allo scambiatore di calore. Viene pescata da una presa a mare (10) in ottone e immessa nuovamente attraverso lo scarico acqua (11) in acciaio inox. Un altro elemento importante è un filtro dell'acqua di mare (12) in ottone, bronzo o acciaio inox che previene l'immissione di corpi estranei all'interno del circuito. Questi filtri hanno la possibilità di essere ispezionati grazie ad un disco trasparente in policarbonato o in vetro. L'eventuale condensa viene raccolta in una vaschetta in acciaio inox e fatta colare in sentina tramite un apposito ombrinale (13).

Cellulosa
Polisulfone
PVFD
PTFE
Polipropilene
Poliammide
Ceramica
Acciaio Inox
Vetro
Poliacrilonitrile

• **DISSALATORE:**

Gran parte delle unità da diporto crocieristico presenta a bordo un circuito dedicato alla desalinizzazione dell’acqua salata che viene trasformabile in acqua dolce non potabile, o meglio non dissetante (non presenta la quantità di sali minerali richiesti dal corpo umano per svolgere le proprie funzioni fisiologiche). Esistono differenti tipologie di dissalatori, da quelli a filtri semplici, a filtri doppi e/o con l’aggiunta di filtri antibatterici che sfruttano la tecnologia dei raggi UV, ma quasi tutti lavorano sulla base di un processo detto osmosi inversa. Questo processo avviene tramite il pompaggio con un compressore ad alta pressione dell’acqua all’interno di uno o più cilindri in acciaio inox. All’interno di essi avviene il processo osmotico artificiale tale per cui viene indotto il movimento delle particelle in senso contrario rispetto a quello che assumerebbe in condizioni naturali. L’acqua salata infatti attraversa una serie di membrane cilindriche semimpermeabili che lasciano quindi uscire i minerali presenti al suo interno, uscendo desalinizzata e prende il nome di “permeato”. Le membrane si susseguono con fori dal diametro sempre minore così da generare un filtraggio in serie di volta in volta più accurato.

Solitamente le membrane sono 5 e generano quindi i successivi 5 step di filtraggio (Tab. 3):

TIPOLOGIA	DIMENSIONE TIPICA DEI PORI
Filtrazione tradizionale	1 - 50 µm
Microfiltrazione	50 - 100 nm
Ultrafiltrazione	2 - 50 nm
Nanofiltraazione	2 - 3 nm
Osmosi inversa	< 1 nm

Tab. 3

Le membrane possono essere di varia natura, sia metalliche che polimeriche, e variano a seconda del produttore e del grado di filtraggio:

- 1. Filtrazione tradizionale e microfiltrazione:** le membrane possono essere a base polimerica (cellulosa, polisulfone, PVFD, PTFE, polipropilene, poliammide), in ceramica, in acciaio inossidabile o in vetro.
- 2. Ultrafiltrazione, Nanofiltraazione e Osmosi Inversa:** le membrane utilizzate per la fase di ultrafiltrazione sono per lo più in ceramica, anche se talvolta possiamo trovare membrane a base polimerica (poliammide, acetato di cellulosa, polisulfone, poliacrilonitrile)

Proprio per via dell'utilizzo di queste apposite membrane osmotiche i dissalatori impiegati a bordo prendono il nome di dissalatori a membrana. Il permeato viene stoccato in appositi serbatoi oppure deviato ai serbatoi di acqua dolce già presenti. (Fig. 487)

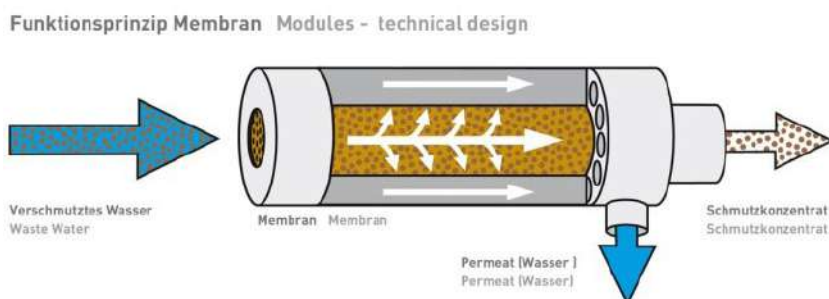


Fig. 487

- **AV RACK E DEVICE:**

Se a bordo di unità più datate avere anche solo la radio era considerato un optional di lusso, è ormai la normalità trovare veri e propri impianti audio-video connessi tra loro in un complesso sistema di domotica. Questo è possibile grazie all'inserimento in punti strategici dell'unità di veri e propri box dedicati alle centraline di controllo dell'impianto audio e video dell'unità, chiamati AV RACK. In unità più semplici solitamente ci sono più AV RACK distribuiti nei vari ambienti, al contrario in unità più complesse, in cui i sistemi sono centralizzati e controllati digitalmente, vengono concentrati in un ambiente dedicato che può assumere dimensioni notevoli, prendendo il nome di AV Room. (Fig. 488)



Fig. 488

Vetroresina
Silicio
Ceramica
PVC
Silicone
Teflon
Rame
Stagno

ABS
Polipropilene
Nitril-butilene
Cellulosa
Policarbonato
Seta irrigidita
Alluminio
Titanio
Fibra di vetro
Carbonio
Kevlar

Queste apparecchiature, oltre alla scocca esterna che può essere metallica o plastica, contengono all'interno un grande quantitativo di schede elettroniche e collegamenti elettrici. (Fig. 489)

Generalizzando, i materiali principali sono la vetroresina per la base delle boards, le componenti principali dei circuiti sono in silicio e possono essere ricoperti da guaine ceramiche o polimeriche, specie PVC, ma anche silicone e teflon.

Le piste elettriche sono invece in rame o in stagno.

Questi impianti si collegano poi ai circuiti di bordo preallestiti attraverso le canaline di raccordo, raggiungendo così i vari Devices presenti nell'unità. Su barche di ultima generazione ogni cabina è predisposta per avere un televisore ed una radio dedicata, entrambe presenti anche nelle zone giorno. Le casse della radio sono inoltre rimandate all'esterno, con possibilità di isolare le aree di diffusione del suono a piacimento. In molte unità da crociera c'è la possibilità di rimandare all'esterno anche il televisore.

Le varie casse, specialmente i subwoofers esterni, nascono predisposti ad un utilizzo in ambiente marino. (Fig. 490)

Il rivestimento esterno può variare a discrezione del designer, ma la scocca contenitiva è quasi sempre stampata in ABS, mentre la sospensione può essere in polipropilene o in nitril-butilene.

Anche il cono può essere in differenti materiali, principalmente sono in cellulosa, in policarbonato, in seta irrigidita, in alluminio, in titanio e talvolta anche in fibra di vetro, carbonio e kevlar.

La generazione delle onde sonore può essere di varia natura, anche se principalmente il mercato è dominato dagli altoparlanti magnetodinamici. Salendo di dimensione le casse e gli amplificatori interni, ma anche i televisori ed altri devices, vengono sostituiti da quelli sul mercato tradizionale, ovvero più appositamente studiati per la nautica; per questo motivo non è possibile stilare un elenco affidabile di materiali di composizione di questi devices poiché le variabili sono troppe.



Fig. 489



Fig. 490

Come nelle abitazioni, nelle prime unità da diporto i televisori erano a tubo catodico, principalmente costituite da vetro, rame, ferro, alluminio. La scocca è quasi sempre stampata in plastica, solitamente ABS, anche se talvolta compare anche l'alluminio. Per via della presenza di materiali pericolosi, non è possibile considerare questa tipologia di televisori all'interno della proposta di smaltimento del Volume 2, come anche gli schermi LCD e gli schermi al plasma.

Gli unici a non contenere assolutamente materiale pericoloso sono i televisori di ultima generazione che generano l'immagine attraverso piccolissimi diodi luminosi (OLED).

- **DOMOTICA:**

Un'altra prerogativa delle unità moderne è la semplificazione di utilizzo delle tecnologie installate a bordo. Dapprima c'erano gli interruttori meccanici, per poi passare a quelli touch-screen ed infine a complessi sistemi di domotica con cui controllare la tecnologia presente da qualsiasi schermo di bordo o addirittura tramite applicazioni. La domotica a bordo non è limitata ad accendere e spegnere la televisione o le luci in pozzetto piuttosto che sottocoperta, anzi si estende ben oltre. È infatti possibile procedere al monitoraggio dei livelli nei serbatoi, rilevare informazioni circa l'usura di determinate componenti, vengono evidenziati guasti o danni all'impianto elettrico e non solo, si associa ai sensori di apertura o chiusura degli oblò, dialoga con gli elettrodomestici di bordo e infine semplifica il controllo di sistemi integrati di ausilio alla navigazione, come il pilota automatico. Insomma, le barche attuali hanno un complesso sistema nervoso-tecnologico aggrappato allo scheletro, celato dietro a rivestimenti eleganti ed essenze classicheggianti. La maggior parte dei pannelli di controllo sono schermi LCD o LED con tecnologia touch-screen. Sopra una certa dimensione anche il WI-FI diventa un optional spesso richiesto. La maggior parte dei materiali inerenti ai sistemi di domotica si riferisce a quelli che costituiscono l'impianto elettrico, essendo un sistema formato da cablaggi elettrici, schede piane, interruttori, schermi ed altri devices.

Gli unici elementi visibili oltre ai devices sono gli interruttori; che siano meccanici o digitali poco importa, il designer ha la possibilità di scegliere tra differenti finiture e placche. Possono essere di natura metallica, principalmente in alluminio, acciaio, ottone, bronzo o rame, oppure plastica, ABS o REFLEX. Le placche spesso sono anche in legno, massello o laminato, ma anche ceramica o finta pietra.

- **ELETTRODOMESTICI:**

Sulle unità da diporto non mancano gli elettrodomestici. Possono essere i più svariati a seconda delle dimensioni dell'unità e delle richieste del cliente.

Una lista verosimilmente completa di elettrodomestici rilevati a bordo di unità da diporto è la seguente:

1. Ghiacciaia
2. Frigorifero
3. Freezer
4. Ice maker
5. Forno
6. Grill
7. Microonde
8. Wine Cellar
9. Teppanyaki
10. Friggitrice
11. Cappa
12. Compattatore
13. Maceratore
14. Cigar Box
15. Lavatrice
16. Asciugatrice
17. Impianto audio-video

È difficile stimare realmente i materiali presenti all'intero di questi elettrodomestici ma, in base a quelli dichiarati dai fornitori, possiamo elencare principalmente:

- **Materiali metallici:** alluminio, acciaio inox, ferro, rame, ghisa, ottone, bronzo.
- **Materiali plastici:** ABS, PTFE, Poliuretano, Policarbonato, vari tipi di elastomeri termoplastici (TPE, TPV, SEBS) Polipropilene PP, Nylon PA.
- **Vetro, Ceramica**

04. STATO DELL'ARTE - DISMISSIONE:

Tecniche di demolizione e smaltimento delle unità da diporto

4.1 Definizione del problema e normative

Introduciamo ora una delle più grandi criticità delle unità da diporto in vetroresina: la dismissione a fine vita.

Ma cosa intendiamo per “vita” di una barca? Che sia un natante o un'imbarcazione, può essere considerato un rifiuto quando non rispecchia più le caratteristiche primarie per cui è stata costruita ed i motivi principalmente possono essere quattro:

1. Età
2. Danno consistente
3. Affondamento
4. Incendio

Stabilire con esattezza la durata di vita di una barca non è semplicissimo ma, grazie alle statistiche di immatricolazioni / disimmatricolazioni / denunce di demolizione per anno, è possibile stimare delle medie che si differenziano leggermente in base alle dimensioni e alla natura delle unità. (Fig. 01)

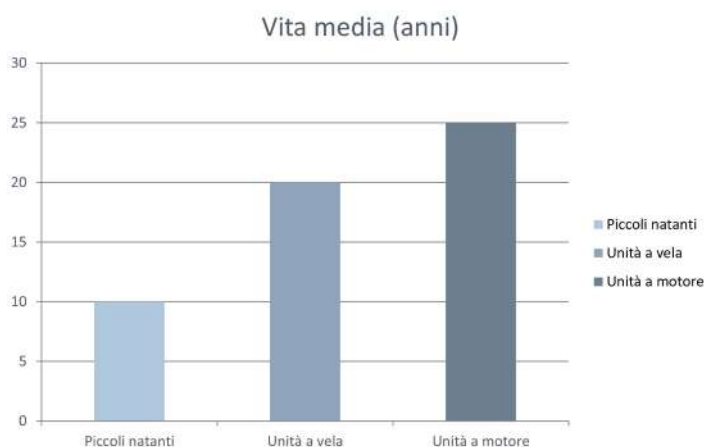


Fig. 01

Come possiamo vedere dal precedente grafico, i piccoli natanti sono i meno longevi, con una vita media attorno al decennio; l'ipotesi in realtà è che non essendo beni di lusso si investa meno nella loro manutenzione quanto più nell'acquisto sistematico di unità nuove.

Unità a vela ed unità a motore invece passano tranquillamente i venti anni di vita media, le barche a motore anche qualche anno in più. Questo dato chiaramente è da ponderare ragionando su una corretta manutenzione ed in termini di quantità di miglia/ore di navigazione. Tecnicamente un'unità a vela dal punto di vista della motorizzazione potrebbe essere eterna ma il decadimento

dell'armo velico e delle manovre sommato agli sforzi delle strutture e della coperta giustifica i cinque anni in meno di vita media rispetto alle unità a motore che, salvo danni particolari, raggiungono e oltrepassano tranquillamente i 25 anni. Soprattutto per le imbarcazioni più grandi o più prestigiose si investe maggiormente nella manutenzione ordinaria e straordinaria, con unità tutt'ora in navigazione che si aggirano intorno ai 35/40 anni di vita.

È inoltre opportuno considerare il fatto che un armatore o una società armatrice può decidere di disfarsi dell'unità di sua appartenenza anche se non necessariamente arrivata al termine del suo ciclo di vita.

Rivolgendo un occhio all'attuale panorama italiano ci sono circa 31.000 unità da diporto in attesa di essere smaltite, in disuso o abbandonate, con un peso medio stimato di 3,45 tonnellate ciascuna. Basandoci sul fatto che in media il peso della vetroresina è arrotondabile al 30-40% del peso complessivo dell'unità, ne deduciamo un dato spaventoso: abbiamo circa 42.000 tonnellate di sola vetroresina ancora da bonificare, separare da altri materiali e successivamente da smaltire. (Figg. 02, 03, 04, 05, 06)



Fig. 02



Fig. 03



Fig. 04



Fig. 05



Fig. 06

In questo capitolo verrà analizzato lo stato dell'arte in merito alla dismissione nel settore nautico, vagliando le possibilità attuabili.

Il ventaglio di scelte che un armatore ipotetico ha a disposizione dovrebbe essere limitato alla demolizione e allo smaltimento, con possibilmente un parziale recupero/riciclo delle componenti; nonostante questo purtroppo spesso questo ventaglio si amplia a possibilità ben più dannose per l'ambiente, eticamente scorrette e spesso illegali. Nel corso degli anni si sono sommate le barche abbandonate lungo le coste, gli argini dei fiumi o lasciate in via definitiva in piazzali (legali e non) che prendono il nome di "cimiteri delle barche". Nei casi peggiori addirittura alcune unità sono state volutamente affondate o incenerite senza giuste conseguenze legali, considerando la non biodegradabilità del materiale e l'inquinamento da fumi prodotto. Il problema si amplifica in particolar modo nel caso dei natanti poiché, se privati di contrassegno, non essendo immatricolati non è possibile rintracciarne i legittimi proprietari.

Tralasciando i fattori di sicurezza e salute per l'uomo, l'abbandono di un'unità, specialmente in mare, rappresenta un grave pericolo per l'ambiente. Oltre alla vetroresina, già altamente inquinante di per sé, a lungo andare una barca inizia a rilasciare carburante, olii e altri liquidi reflui dai serbatoi, dalle casse e dalle tubature, oltre a gas ed esalazioni derivanti dalla cottura o decomposizione di collanti, resine e vernici.

Altra nota dolente in caso di unità sommersa sono le batterie: esse infatti rilasciano nell'acqua piombo, cromo, rame, mercurio e zinco, contaminando i sedimenti del fondale marino e venendo ingeriti dagli organismi presenti. Quest'ultimi poi trasferiscono i metalli pesanti e le tossine derivate al resto della catena alimentare.

Fortunatamente con gli anni oltre al numero di unità da demolire è aumentata la sensibilità ambientale, con normative e controlli più severi in merito alle modalità di demolizione di un'unità. Questa purtroppo si è rivelata una sola toppa per evitare affondamenti e stoccaggi illeciti, ma non ha impedito la proliferazione di spazi a pagamento dove "abbandonare legalmente" la propria unità, pagando a prezzo stracciato un piazzale dove lasciarla senza preoccupazioni burocratiche piuttosto che pagarne lo smaltimento.

Inoltre, come vedremo successivamente, demolire una barca non è un processo semplice ed economico come ad esempio demolire un'automobile, portando a percentuali di recupero e di riciclo piuttosto basse. Mantenendo il paragone con il campo dell'automotive, se ciò che si riesce a riciclare in un'automobile si avvicina alla soglia del 90% del peso di partenza, la media delle unità da diporto non arriva al 30% del dislocamento.

Questa differenza è frutto di più fattori, tra i quali in primis l'attuale inesistenza di normative ferree che regolamentino l'utilizzo dei materiali ai fini del loro smaltimento, ma anche le diverse tecniche di giunzione non standardizzate e la grande quantità di contaminazioni da incollaggio e laminazione. Queste variabili, come vedremo successivamente, implicano un forte aumento dei costi di smaltimento, impossibilitandone un reale processo industrializzato.

Un altro fattore che influenza notevolmente i costi di smaltimento sono le spese di trasporto non indifferenti, soprattutto per quelle imbarcazioni che rientrano

nei trasporti eccezionali o trasporti eccezionali con scorta.

Considerando l'unità a fine vita come un rifiuto, la principale 2008 è entrata in vigore la Direttiva 2008/98/CE, di cui a seguire i punti chiave utili a questo elaborato:

- La direttiva stabilisce la gerarchia dei rifiuti (Fig. 07):

1. Prevenzione;
2. Riutilizzo;
3. Riciclaggio;
4. Recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
5. Smaltimento.



Fig. 07

¹ Un insieme di misure adottate dai paesi dell'Unione per garantire che i produttori di prodotti abbiano la responsabilità finanziaria per la gestione della fase di scarto del ciclo di vita di un prodotto.

² Il risultato di un processo di produzione che non era lo scopo primario di tale processo. La direttiva stabilisce le condizioni in base alle quali una sostanza o un oggetto non viene considerato un rifiuto.

- Conferma il principio «*chi inquina paga*», in base al quale i costi della gestione dei rifiuti sono sostenuti dal produttore iniziale.
- Introduce il concetto di «responsabilità estesa del produttore».¹
- Distingue tra rifiuti e sottoprodotti.²
- La gestione dei rifiuti deve essere effettuata senza creare rischi per l'acqua, l'aria, il suolo, la flora o la fauna, senza causare inconvenienti da rumori o odori, o senza danneggiare il paesaggio o i siti di particolare interesse.
- I produttori o detentori di rifiuti devono trattarli in proprio o consegnarli a un operatore ufficialmente riconosciuto. In entrambi i casi hanno bisogno

di un permesso e sono ispezionati periodicamente.

- Le autorità nazionali competenti devono elaborare piani di gestione dei rifiuti e programmi di prevenzione dei rifiuti.
- Condizioni particolari si applicano a rifiuti pericolosi, oli usati e rifiuti organici;
- Introduce obiettivi di riciclaggio e di recupero da raggiungere entro il 2020 per i rifiuti domestici (50%) e i rifiuti da costruzione e demolizione (70%).

Nel 2018 è subentrata la Direttiva di Modifica (UE) 2018/851 che si definisce “parte di un pacchetto di misure sull’economia circolare” in modifica alla direttiva 2008/98/CE, di cui a seguire i punti di interesse:

- Stabilisce i requisiti operativi minimi per i regimi di “responsabilità estesa del produttore”. Essi possono includere anche la responsabilità organizzativa e la responsabilità di contribuire alla prevenzione dei rifiuti e alla possibilità di riutilizzare e riciclare i prodotti.
- Rafforza inoltre le norme per la prevenzione dei rifiuti. Per quanto riguarda la produzione di rifiuti, i paesi dell’Unione devono adottare misure per:
 1. Sostenere modelli di produzione e consumo sostenibili;
 2. Incoraggiare la progettazione, la produzione e l’uso di prodotti che siano efficienti nell’utilizzo delle risorse, durevoli, riparabili, riutilizzabili e che possano essere aggiornati;
 3. Concentrarsi sui prodotti contenenti materie prime di cruciale importanza per evitare che tali materiali diventino rifiuti;
 4. Incoraggiare la disponibilità di pezzi di ricambio, manuali di istruzioni, informazioni tecniche o altri mezzi che consentano la riparazione e il riutilizzo dei prodotti senza comprometterne la qualità e la sicurezza;
 5. Promuovere la riduzione del contenuto di sostanze pericolose nei materiali e nei prodotti;
 6. Fermare la produzione di rifiuti marini.
- Stabilisce inoltre nuovi obiettivi per il riciclaggio dei rifiuti urbani: entro il 2025, almeno il 55 % dei rifiuti urbani in peso dovrà essere riciclato. Tale obiettivo salirà al 60 % entro il 2030 e al 65 % entro il 2035.
- La direttiva evidenzia anche esempi di incentivi per applicare la gerarchia dei rifiuti, quali ad esempio gli oneri per il conferimento in discarica e l’incenerimento e i sistemi di pagamento in base al consumo.

Sia nella versione originale del documento che nella relativa integrazione del 2018 emerge tra i punti chiave la responsabilità estesa del produttore, inteso

come obbligo di creare oggetti smaltibili con le tecnologie attuali pena un sovrapprezzo di tassazioni, senza però fare un chiaro riferimento a modalità o percentuali di recupero/riciclo. Specialmente in termini di produzione di unità da diporto, questa libertà di interpretazione porta a fraintendimenti tra armatori e cantieri poiché l'unico reale risultato è stato un aumento del prezzo medio di vendita del 10%, così che i produttori si ripagassero delle tassazioni maggiorate senza particolari modifiche nella linea costruttiva. Inoltre i cantieri raramente si prendono carico delle spese di smaltimento non essendoci ancora un obbligo reale di smaltire le barche in disuso. In ultimo per di più non esistono allo stato attuale incentivi statali che contribuiscano a sbloccare la situazione, mettendo in movimento possibili nuovi mercati e scenari che invece restano latenti in attesa di normative e regolamenti, o peggio di un tracollo dei centri di accumulo di relitti e carcasse.

Il fine dello smaltimento di un'unità da diporto è, per quanto possibile, arrivare ad una "raccolta differenziata" dei materiali presenti a bordo. La barca deve essere riportata alla sola vetroresina; per questo tutte le restanti componenti presenti a bordo, dagli impianti agli strumenti, tutti gli acciai e gli altri rivestimenti, devono essere rimossi. Ovviamente l'armatore è libero di scegliere se procedere a questa prima fase di lavoro in autonomia oppure se affidarlo alla ditta demolitrice che si occuperà della vetroresina e dei rifiuti speciali. Inoltre se a bordo di una barca sono presenti materiali pericolosi (liquidi o solidi) riversati o in contatto con altri materiali, prima dello smaltimento si provvederà ad effettuare dei carotaggi su essi con successive analisi chimiche effettuate da laboratori specializzati. Lo stesso trattamento viene riservato a unità vittime di incendio.

Vista l'eterogeneità di materiali presenti emersa nel capitolo precedente, risulta chiaro come la dismissione di un'unità da diporto sia un lavoro potenzialmente lungo e complesso. Esistono due strategie alternative, entrambe attualmente utilizzate:

- Separazione controllata dei materiali:

Il processo di separazione controllata dei vari elementi che compongono un'unità è letteralmente un procedimento opposto alla costruzione. Le componenti vengono smontate vite per vite fino a ritornare ai gusci nudi dello scafo e della coperta. (Fig. 08)

Per mezzo di appositi macchinari vengono poi frantumati. Questo processo richiede tempistiche e costi di manodopera abbastanza sostenuti, si può arrivare a pagare lo smaltimento fino a 1500 euro al metro di lunghezza dell'unità e occorre un tempo medio pari a 30 giorni lavorativi.



Fig. 08

- Separazione rapida:

Una seconda opzione prevede una separazione meno artigianale, più rapida ma al tempo stesso meno accurata. L'unità viene infatti strappata in più pezzi per mezzo di un escavatore provvisto di pinze e cesoie da frantumazione oppure con polpo caricatore; con le stesse pinze si passa poi ad una separazione grossolana dei materiali. Chiaramente in questo caso l'indice di contaminazione tra i materiali di risulta molto più alto e per questo motivo è più probabile che questa strategia venga utilizzata in vista di uno smaltimento in discarica piuttosto che al fine di riciclare o recuperare quanto più possibile. (Figg. 09, 10)



Fig. 09



Fig. 10

4.2 Fasi di demolizione di una barca in vetroresina

4.2.1 Burocrazia

Dal momento in cui un armatore o una società armatrice decidono di demolire un'unità da diporto, l'iter prevede una prima fase burocratica di richieste ed accertamenti.

- La procedura comincia dapprima con un primo contatto con gli uffici della Guardia Costiera del comune nella quale è stata immatricolata l'unità. In questa sede viene effettuata la richiesta del permesso di demolizione dell'unità allegando i propri documenti e i documenti della barca. Se si è già a conoscenza del centro di smaltimento da incaricare o incaricato, è opportuno comunicarlo da subito nella richiesta poiché deve essere noto alle autorità competenti chi si occupa di demolizioni in territorio nazionale. Il centro di demolizione deve essere già stato autorizzato a procedere ad interventi di questo tipo, in caso contrario è necessario un sopralluogo di verifica da parte delle istituzioni¹.

¹ La demolizione può essere effettuata solo da centri autorizzati al trattamento e allo smaltimento di rifiuti speciali. Non è possibile procedere autonomamente allo smaltimento di una qualsiasi unità da diporto.

- In caso di motorizzazioni fisse (entro bordo, entrofuoribordo, IPS) si può decidere se sbarcare il motore, ad esempio per rivenderlo come usato o installarlo a bordo di un'altra barca, oppure disfarsene insieme all'unità. In quest'ultimo caso è obbligatorio specificare nella richiesta di autorizzazione che il motore e le relative parti meccaniche verranno prese in carico e demolite dall'azienda incaricata dall'armatore. Nel caso contrario, optando quindi per restare in possesso del gruppo propulsivo, è necessario fare ulteriore richiesta alla Capitaneria per ricevere il nullaosta per lo sbarco del motore.
- Un ulteriore documento necessario per presentare la richiesta è un certificato che attesti che sull'unità in questione non è imbarcato alcun personale marittimo.
- La Capitaneria, una volta conclusi i controlli, rilascia un documento in cui viene accettata la richiesta di cancellazione dell'unità dai registri. Questo modulo dovrà essere riconsegnato obbligatoriamente al termine del processo di demolizione.

Pianificato il *modus operandi*, l'ente che si occupa dello smaltimento è obbligato ad informare la Capitaneria del giorno esatto dell'inizio dei lavori di demolizione; quel giorno dovrà essere necessariamente presente in loco un ufficiale in rappresentanza della Capitaneria che certifichi che al momento d'inizio dei lavori sia tutto in regola. Durante tutto il periodo di demolizione l'azienda resta passibile di possibili verifiche ed ispezioni a sorpresa.

All'inizio dei lavori l'ente di demolizione è obbligato ad inviare all'INPS e all'INAIL la "Denuncia dell'inizio delle attività".

Una volta completata la demolizione, nel caso in cui si l'unità in questione fosse un'imbarcazione oppure un natante iscritto ad un registro, come stabilito dall'art. 16 del Decreto Ministeriale 29 luglio 2008, n.146 si deve procedere alla cancellazione della suddetta unità dai registri. Questa procedura prevede la presentazione di un'apposita domanda presso l'ufficio di iscrizione dell'unità, corredata dal processo verbale compilato dall'autorità competente (Ufficio Marittimo del luogo dove avviene la demolizione) e attestante l'evento.

Il costo di questa prima fase burocratica si limita alle marche da bollo da allegare alla modulistica e varia in funzione delle tasse di smaltimento provinciali.

4.2.2 Trasporto o demolizione in loco?

¹ Mappa creata grazie alla raccolta delle informazioni inserite dagli utenti sul noto forum italiano di nautica "ORMEGGIONLINE"

La prima decisione da prendere è se convenga trasportare l'unità al centro autorizzato più vicino oppure optare per una demolizione sul posto. La scelta può essere influenzata da più variabili, prime tra tutte la dimensione dell'unità stessa, le sue condizioni e la distanza da percorrere. Attualmente i centri di demolizione autorizzati presenti sul territorio nazionale non sono moltissimi e talvolta non sono vicini al mare o ad altri specchi d'acqua. Spesso infatti i cantieri atti alle demolizioni nautiche si sviluppano nell'entroterra per via del loro sviluppo su ampi piazzali, possibilmente vicino a nodi e crocevia stradali ad alta percorrenza. Un altro motivo di questo distacco dalle città costiere ed in generale dai centri abitati è la quantità di rumore prodotto, oltre alla possibilità di innalzamento di polveri.

La seguente mappa¹ mostra i centri di smaltimento industriale autorizzati al trattamento delle unità da diporto intese come rifiuti speciali. (Fig.11)

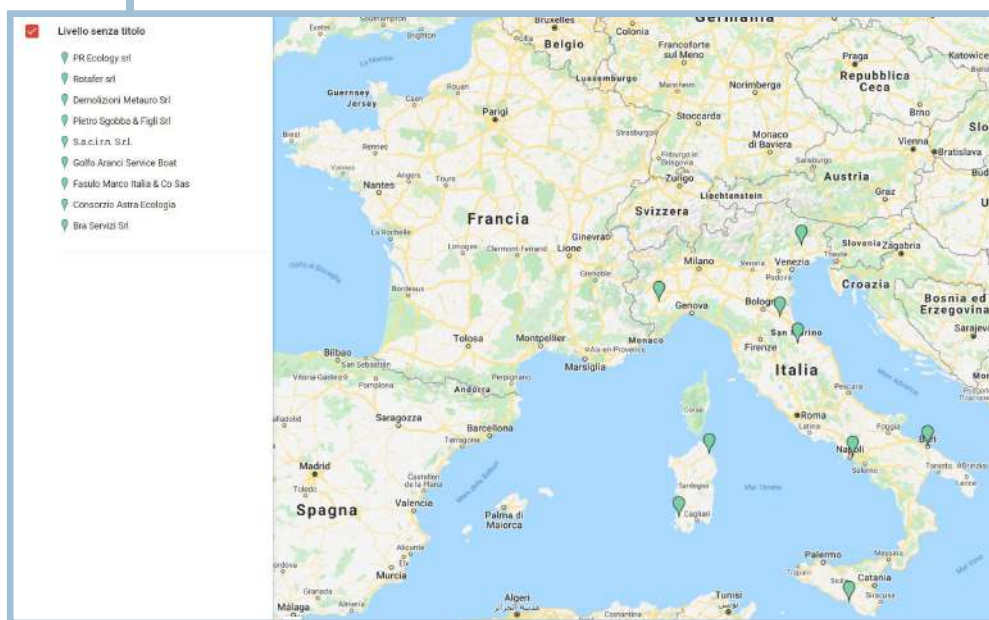


Fig. 11

• DEMOLIZIONE IN LOCO

La demolizione in loco è chiaramente un servizio più costoso, ma talvolta si rivela utile se non indispensabile; solitamente si opta per questa soluzione nei seguenti casi:

1. Unità in pessimo stato il cui trasporto rappresenterebbe un rischio;
2. Unità non naviganti e stazionarie in un porto/rimessaggio senza possibilità di uscita via terra per mancanza di infrastrutture adeguate;
3. Gruppi di unità la cui somma del prezzo dei singoli trasporti superi il sovrapprezzo per il servizio di smaltimento in loco.

In questo caso è necessario predisporre in sicurezza lo spazio attorno all'unità da smaltire e perciò si comincia con l'allestimento del cantiere: l'area scelta per essere adibita per la demolizione della barca viene circonscritta con apposite reti da cantiere o transennata. Inoltre è obbligatoria l'esposizione del divieto di accesso all'interno del perimetro che sarà invece riservato esclusivamente al personale addetto ai lavori. Vengono inoltre predisposte le dovute misure antincendio vista la presenza di mezzi di lavoro endotermici e residui di combustibile. Per norma è necessaria la presenza di un bagno per gli operatori, se non è presente viene quindi installato un bagno chimico. I demolitori più organizzati talvolta installano nel sito anche un'unità mobile decontaminante per la pulizia dei dipendenti.

Vengono inoltre prese precauzioni per proteggere il terreno o l'eventuale pavimentazione sottostanti alla barca.

Sotto all'invaso che sostiene l'unità (se presente) è opportuno stendere un telo di polietilene per evitare la contaminazione del suolo e lo spargimento di polveri, sia esso cemento o terreno.

Nel caso in cui l'apparato propulsivo non sia ancora stato sbarcato, sul terreno al di sotto del vano motore va steso un ulteriore strato assorbente per evitare la dispersione di oli ed altri liquidi nocivi.

In ultimo, sempre a protezione della pavimentazione, se l'azienda demolitrice è provvista di un escavatore a cingoli, è consigliabile avvolgere quest'ultimi con gli appositi nastri gommati.

- **TRASPORTO**

Nel caso in cui invece la demolizione in loco risulti sconveniente, bisogna organizzare la logistica di trasporto dell'unità dal porto/rimessaggio di stazionamento al sito di demolizione.

Il trasporto più utilizzato è quello su ruote, molto raramente si sfruttano spostamenti via mare. (Fig.12)

In caso di natanti carrellabili è possibile procedere in autonomia al trasporto dell'unità al sito di demolizione, risparmiando il costo del servizio. Nonostante questo non sempre risulta la scelta economicamente più conveniente poiché bisogna essere muniti di un'auto



Fig. 12

sufficientemente potente per il trasporto, dotata di gancio per il traino e di un carrello TATS (trasporto attrezzature turistiche e sportive) omologato, immatricolato e regolarmente revisionato. Se il carrello è di una dimensione ridotta (carrello appendice) si appoggia alla polizza assicurativa dell'auto, al contrario se diventa rimorchio avrà una polizza assicurativa dedicata. Per di più tutte le imbarcazioni e parte dei natanti non possono essere trasportate con la patente tradizionale B ma occorre la patente BE, inoltre passate certe dimensioni occorrerà una motrice (con relativa patente C o CE) talvolta accompagnata da scorta per trasporto eccezionale.

(Figg. 13, 14)

Di seguito i limiti dichiarati dal Codice della Strada:

1. La lunghezza dell'auto sommata a quella del carrello non deve superare i 18,75 metri di lunghezza;
2. La larghezza massima trasportabile è di 2,55 metri;
3. Il terzo vincolo da tenere in considerazione è il peso complessivo del convoglio: il peso dell'auto sommato al peso del carrello e al peso della barca non deve essere superiore al massimo trainabile dal veicolo, dato dichiarato sul libretto di circolazione.

Se non si riesce a rientrare nella sagoma richiesta è quindi conveniente appoggiarsi a ditte di trasporto esterne. Ciò che fa lievitare i costi è quando il convoglio eccede dai 2,55 metri poiché diventa trasporto eccezionale e necessita di una scorta. In questo caso è necessario richiedere delle autorizzazioni speciali i cui via libera possono richiedere dalle due settimane ad un mese.

Le spese di trasporto variano dalla difficoltà di carico/scarico, dalle dimensioni dell'unità e dalla stagione. Basandoci su una media di preventivi richiesti a titolo informativo possiamo stimare che il trasporto di una barca di 12 metri e larga 3,50 metri in bassa stagione dalla Sicilia alla Liguria può superare tranquillamente una spesa di 5000 euro.

Le stesse ditte di demolizione fortunatamente offrono sempre più spesso il servizio di recupero e trasporto dell'unità, semplificando i passaggi burocratici/assicurativi e riducendo i prezzi.



Fig. 13



Fig. 14

4.2.3 Preparazione e bonifica – RIFIUTI SPECIALI E RIFIUTI SPECIALI PERICOLOSI

¹Alcuni centri di demolizione preferiscono effettuare la fase di bonifica prima di trasportare l'unità al sito di demolizione

²Ostruzione dei portelloni di imbarco/sbarco dei motori: alcuni progetti di refitting non conservativi degli spazi esterni talvolta non tengono in considerazione dei portelloni progettati originariamente atti all'imbarco/sbarco dei motori, lasciando solo portelli di ispezione. Più volte si rende quindi necessario troncare l'unità, con un rischio maggiore di contaminazioni con polveri e sostanze pericolose e una dilatazione dei tempi di preparazione.

³ SERBATOI STRUTTURALI: Nel caso in cui i serbatoi siano stati laminati così da prendere parte al sostegno strutturale dell'unità, la loro rimozione risulta più difficoltosa. Si procede al taglio della sezione corrispondente, con particolare attenzione a non far fuoriuscire eventuale morchia di combustibile rimasta intrappolata nei serbatoi o nelle condotte con il rischio di contaminare la zona adiacente.

Da questo momento in avanti alla descrizione delle fasi di smaltimento verranno affiancati nella colonna sinistra gli appunti metabolizzati durante i sopralluoghi e le interviste svolte nell'arco dei tre anni.

Una delle fasi più importanti per una demolizione efficace ed ecologicamente sostenibile è la preparazione dell'unità allo smaltimento.¹

Questa fase comprende la rimozione delle componenti pericolose e la bonifica delle eventuali contaminazioni e l'elemento contaminante per eccellenza è l'apparato propulsivo.

Il primo step consiste nel chiudere i tubi di alimentazione del carburante e dei lubrificanti del motore, così da evitare lo spargimento in sentina di combustibile o altri olii nocivi. Fatto ciò si può procedere a scollegare l'uscita dell'asse dal motore, che potrà così essere sbarcato. Se il motore non viene riutilizzato o smontato per eventuali ricambi, è inviato ad appositi centri atti allo smaltimento della categoria "rifiuti speciali".²

(Fig. 15, 16)



Fig. 15



Fig. 16

In questa fase vengono completamente svuotati i serbatoi del carburante e le casse. Anche tutti i liquidi presenti in sentina non possono essere riversati sul suolo o in acqua, per questo vengono stoccati e inviati in appositi centri di bonifica di liquidi inquinanti.

Se presente il piede poppiero viene anch'esso smontato e bonificato, come del resto ogni guida idraulica e i relativi serbatoi correlati.

Gli olii e i combustibili sono classificati "rifiuti speciali pericolosi" (nella normativa precedente rispetto a quella in vigore la nomenclatura corretta era "rifiuti tossico nocivi"). (Fig. 17)

Le batterie vengono slacciate dall'impianto elettrico e sbarcate, anch'esse destinate a centri di smaltimento di "rifiuti speciali". Si sbarcano le bombole del gas, i serbatoi con i circuiti contenenti liquidi o gas refrigeranti e, quando possibile, si sbarcano i serbatoi del carburante.³



Fig. 17

4.2.4 Materie Prime Seconde – RAEE

¹Gli strumenti e le apparecchiature spesso sono incassati, con basi davvero scomode da smontare non predisposte per uno sbarco rapido. Smontarle correttamente dilaterrebbe drasticamente gli eventuali tempi di disassemblaggio e per questo motivo spesso si prosegue strappando anziché smontando, così facendo si riducono le spese di manodopera ma anche le possibilità di recupero e riutilizzo.

Finalmente possiamo introdurre un concetto chiave nel mondo del riciclo: le materie prime seconde.

Possiamo definire materie prime seconde (MPS) quei materiali composti da sfridi di lavorazione delle materie prime oppure da materiali derivati dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti.

Sempre di più nella produzione industriale si ricorre all'utilizzo di materie prime seconde; l'importanza di questo fattore sta nel fatto che si riduce la necessità di estrarre materia prima dalla Terra, comportando consistenti risparmi di energia oltre che a salvaguardare il pianeta. Questo processo di riutilizzo permette inoltre a quei paesi con poche o nulle materie prime di evitare o comunque limitare l'import da paesi esteri. Un ultimo grande vantaggio è il risparmio economico nell'utilizzare materia prima seconda acquistata ad un costo più basso rispetto alla materia prima.

Per riuscire ad ottenere buone percentuali di riciclo è quindi opportuno procedere ad una prima estrazione di tutti quei materiali di cui è possibile effettuare la riconversione in materia prima seconda.

Una volta che il sito è stato messo in sicurezza e l'unità è stata bonificata, inizia il disassemblaggio vero e proprio, o "prima separazione". In questa fase gli addetti specializzati cominciano con l'asportazione dell'AEE (Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) dall'unità: strumenti di navigazione, elettrodomestici e devices. Parte di questo AEE, quando possibile, viene immesso nuovamente sul mercato come usato, al contrario se queste apparecchiature non sono funzionanti o comunque sono destinate ugualmente allo smaltimento, si trasformano in RAEE (Rifiuti Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche).¹

I rifiuti RAEE contengono sia sostanze inquinanti (come clorofluorocarburi) che tossiche (come il mercurio), per questo motivo è necessaria la corretta separazione dal resto dell'unità. Se inviati correttamente ai centri specializzati, dal RAEE è possibile estrarre buone percentuali di materiali riconvertibili in materie prime seconde come il vetro, la plastica e il ferro.

I rifiuti RAEE sono classificabili in 5 categorie di appartenenza che devono essere raccolte separatamente, in modo da ottimizzare al meglio i processi di lavorazione per estrarre i materiali riciclabili.

- **R1: Freddo e Clima**

In questa categoria rientrano i frigoriferi, le ghiacciaie e gli ice-maker, ma anche i vari sistemi di climatizzazione come fan coil e chiller. (Fig. 18)

- **R2: Grandi Bianchi**

Nei cosiddetti "Grandi Bianchi" rientrano i grandi elettrodomestici: lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie, forni e piastre, cappe ecc. (Fig. 18)

- **R3: Apparecchi con schermi**

Il nome già definisce i rifiuti di appartenenza; televisioni, strumenti digitali, schermi di controllo (touch screen e non). (Fig. 18)

- R4: Elettronica di consumo**
 In questa categoria rientrano elettrodomestici di piccola dimensione, ma anche strumenti di lavoro e pannelli fotovoltaici. (Fig. 18)
- R5: Sorgenti luminose**
 Qualsiasi tipo di lampada (salvo se indicato dal fornitore) appartiene a questa categoria di RAEE. (Fig. 18)

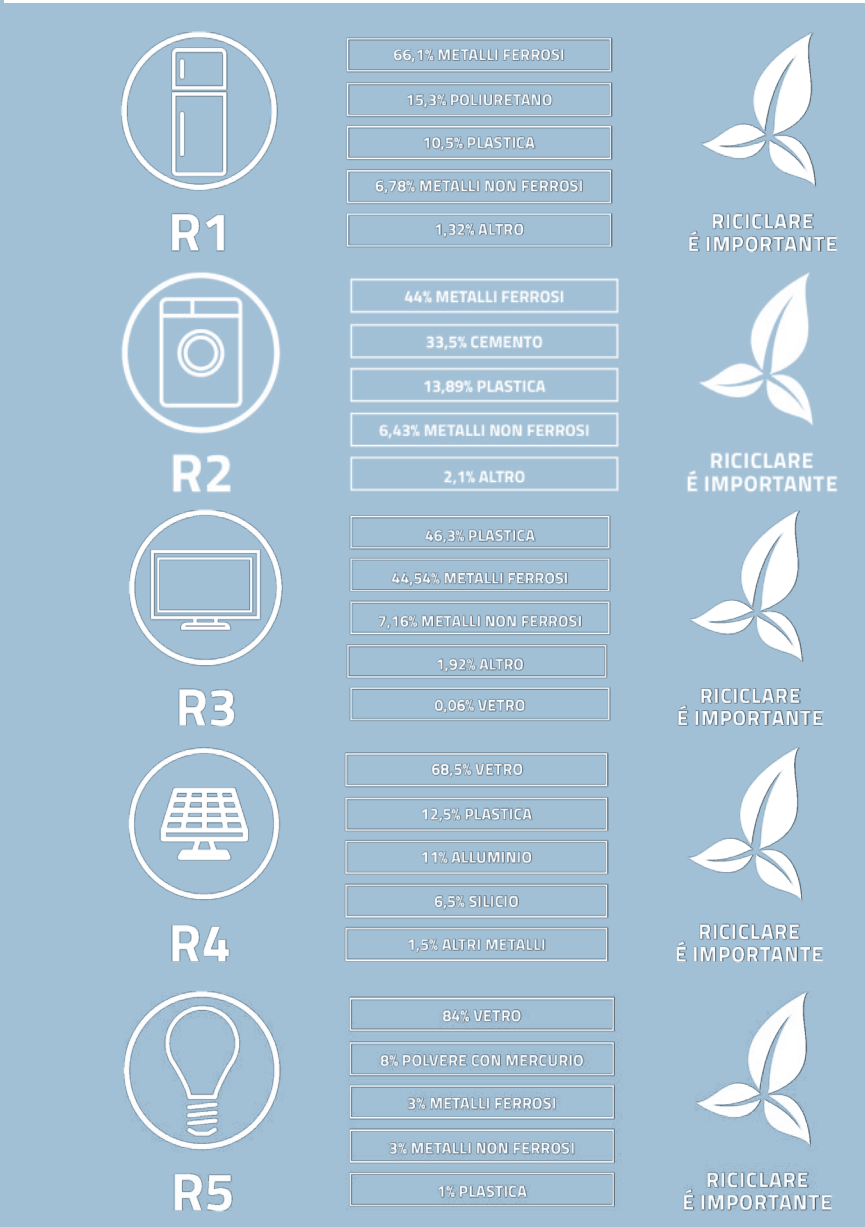


Fig. 18

4.2.5 Materie Prime Seconde – VETRI

¹ Vagliatura: meccanismo automatizzato di separazione dimensionale. Viene effettuata con appositi macchinari che possono lavare a tamburo, a vibrazione o a dischi. Il diametro dei fori di filtraggio solitamente è di 3 mm.

² Test di liscivazione: anche detto test di cessione, consiste nel passaggio all'interno di un liquido (una soluzione detta eluato), delle sostanze mobili presenti in un campione solido. L'eluato verrà poi sottoposto ad un set di analisi chimiche che consentiranno la valutazione del "potenziale di rilascio", o di "cessione", del campione iniziale.

³ Evitare l'utilizzo di vetri laminati porta a percentuali di riciclo molto più alte, oltre a limitare la presenza di materiali polimerici. Inoltre, quando possibile, è più opportuno imbullonare il vetro piuttosto che utilizzare adesivi strutturali, così da semplificare il processo di pulizia della graniglia.

Nel frattempo si procede alla separazione di tutti gli altri materiali riciclabili presenti a bordo.

In primis vengono smontate e disassemblate le finestrature, gli oblò e i parabrezza dalle loro cornici, separando poi le trasparenze date da vetri/cristalli da quelle di materiali polimerici. I vetri infatti vengono poi riciclati al 100% tramite fusione dalle vetrerie, ma solo dopo un trattamento depurativo che avviene in appositi centri.

La depurazione del vetro è un processo che alterna cernita, frantumazione e vari passaggi di vagliatura¹ che permette di eliminare o comunque limitare la presenza di altri materiali contaminanti. In ordine è possibile separare:

1. Corpi estranei di grosse dimensioni
2. Frammenti di ceramica, porcellana, pietre, corpi metallici, plastica, ecc.
3. Corpi magnetici
4. Corpi leggeri (carta, alluminio, legno, ecc.)
5. Corpi metallici non ferrosi (alluminio, piombo, rame)
6. Corpi opachi

L'ultima fase, ovvero l'estrazione di eventuali corpi opachi dalla graniglia vetrosa, ha ancora dei limiti tecnologici che portano talvolta a non avere una nobilitazione ottimale del rottame; questo si ripercuote nelle fasi di riciclo in vetreria poiché la maggior parte dei corpi opachi sono costituiti da materiali non fusibili quali ceramica, vetroceramica, porcellana, sassi, ecc.

Per poter essere classificato materia prima seconda detta "pronta a forno" la graniglia di vetro deve soddisfare una serie di requisiti minimi imposti dal DM 5/2/98 (e successive integrazioni) che stabiliscono delle percentuali massime di contaminazione da parte di materiali esterni:

1. Metalli magnetici < 0,002%;
2. Metalli amagnetici < 0,01% (< 0,003% per il rottame di vetro trasparente);
3. Ceramica e porcellana < 0,01% (il limite è più basso per alcune categorie);
4. Pietre < 0,02% (il limite è più basso per alcune categorie);
5. Materiali organici < 0,1%;
6. Umidità < 3% in peso;
7. Frazione sottovaglio (< 3 mm) < 5%;
8. Piombo < 0,3 ppm sull'eluato (test di liscivazione).²

Proseguendo per differenza ne risulta che il vetro dev'essere almeno il 99,85%, escludendo la percentuale di umidità e della frazione sottovaglio. In questa quantità sono compresi i cosiddetti "altri vetri" che vengono sottoposti al test di liscivazione; in caso di esito negativo al suddetto test, non è possibile mandare in vetreria la graniglia ottenuta.³

Un problema ancora parzialmente irrisolto è il riciclo dei vetri laminati. È infatti possibile separare chimicamente il vetro dagli strati plastici (soprattutto il PVB), ma le contaminazioni restano alte. Per questo motivo non è possibile

4.2.6

Materie Prime Seconde – METALLI

¹ Talvolta è davvero complesso riconoscere e distaccare piastre o altre componenti metalliche che son state contro-laminate.

creare nuovamente vetro, nonostante questo la legge permette di riutilizzare queste graniglie come materie prime seconde nell'edilizia, nei lavori stradali e altre attività affini, per i quali sono accettati vetri con percentuali di purezza drasticamente minori.

I metalli sono un'altra componente dall'alto indice di riciclabilità che porta ad enormi vantaggi sul piano economico ed ambientale.

Il primo è in termini di recupero di energetico poiché produrre un metallo puro a partire dal minerale è un ciclo di produzione altamente energivoro, rifondere i metalli è anche un modo per limitare le emissioni di CO₂ esalate dalla produzione iniziale; inoltre previene l'esaurimento delle miniere e la conseguenziale apertura di nuove, risparmiando infine anche sui costi di smaltimento.

Per loro natura i metalli possono essere fusi e forgiati infinite volte senza perdere le loro proprietà meccaniche, il fattore discriminante resta sempre il medesimo: le contaminazioni.

Il centro di demolizione solitamente inizia con l'isolamento di tutti i corpi metallici dal resto dei materiali, per poi proseguire in due direzioni¹:

1. Nel caso in cui chi si occupa della demolizione non ha le competenze o le autorizzazioni per separare e smaltire i singoli metalli, consegna a chi di dovere l'intero gruppo eterogeneo.
2. Al contrario se chi si occupa della demolizione è anche in grado di portare avanti la separazione dei vari metalli, il processo prevede una serie di tecniche grazie alle quali è possibile separare i vari metalli tra loro.

I metalli vengono prima triturati e ridotti in graniglia, cercando di ottenere briciole di dimensioni simili, per poi proseguire con la separazione.

La prima grande separazione in due gruppi distinti avviene per mezzo di separatori magnetici a tamburo o a nastro, grazie ai quali è possibile estrarre ferro e leghe contenenti ferro come ad esempio la ghisa o l'acciaio.

Una volta creati due gruppi distinti (metalli ferrosi e metalli non ferrosi), si passa ad una separazione più accurata.

• METALLI FERROSI

Le graniglie di metalli ferrosi vengono fatte passare più volte in separatori magnetici a nastro o a tamburo, utilizzando magneti a differente intensità è possibile scremare i materiali per le diverse percentuali di ferro. (Fig. 19)

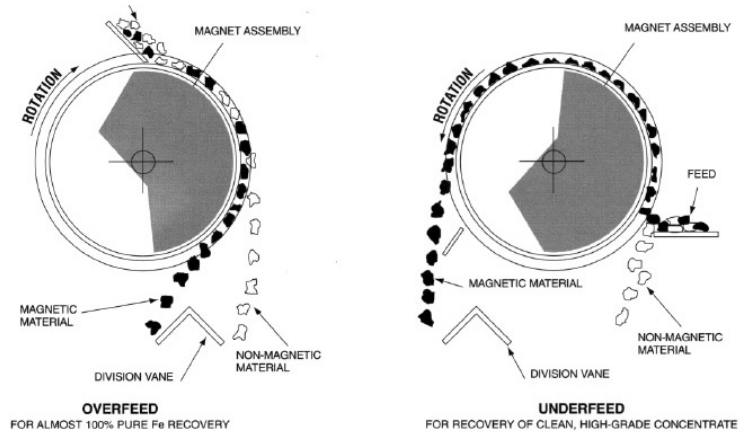


Fig. 19

• METALLI NON FERROSI

I metalli non ferrosi invece vengono trattati tramite separatori a correnti indotte o ECS (Eddy Current System), basandosi su quattro leggi fisiche fondamentali:

1. Ogni metallo conduttore posto davanti ad un campo magnetico variabile, genera sulla sua pelle una circolazione di corrente, ovvero, un vortice (eddy: da qui il nome dei macchinari separatori) che tende a frenare il sistema, per rimetterlo in equilibrio statico;
2. Il campo magnetico indotto sul metallo, si oppone al campo magnetico induttore. In pratica, i due campi si respingono, creando energia cinetica potenziale, che si esprime nelle macchine separatrici, in un salto del metallo indotto;
3. Se il metallo che si presenta sul campo magnetico induttore è già dotato di una propria energia cinetica (cioè salta o rotola) e non è perfettamente statico, l'effetto del salto indotto può essere di molto ridotto dal sommarsi delle due energie cinetiche, indotta e propria;
4. Ogni metallo attraversato da corrente elettrica si scalda, ed ancora di più e più velocemente se facciamo sì che l'energia cinetica indotta sia frenata dall'esterno, impediamo cioè al metallo indotto di saltare. In pochi minuti (dipende dal metallo) si raggiungono temperature elevate.

Le quattro leggi possono esser riassunte nel seguente principio fisico: i componenti metallici, quando esposti a un campo magnetico ad alte frequenze, vengono percorsi da correnti di Foucault che generano un campo magnetico che si oppone alla causa che l'ha generato. La conseguenza è quindi una forza

di repulsione che allontana i materiali metallici dalla sorgente del campo magnetico.

I separatori che utilizzano il principio delle correnti indotte sono solitamente “a rullo induttore”: la configurazione è simile ad un normale separatore a tamburo, con la differenza che all’interno del rullo di estremità è presente un rotore magnetico che ruota ad alta velocità, creando così sul suo perimetro un campo magnetico a polarità alternata (nord-sud).

Le componenti metalliche non ferrose presenti nel rifiuto vengono allontanate dal materiale rimanente, e cadono seguendo un traiettorie differenti in base alla corrente generata al loro interno, venendo così separate tra loro tramite appositi deviatori.

I metalli non ferrosi risultano tanto più semplici da separare quanto più è elevato il loro rapporto tra conducibilità elettrica/peso specifico.

Per questo motivo possiamo facilmente identificare i metalli non ferrosi semplici da separare da quelli più complessi: (Fig. 20)

METALLI FACILMENTE SEPARABILI	METALLI DIFFICILMENTE SEPARABILI
ALLUMINIO (Al) Rapporto: 13.1	ZINCO (Zn) Rapporto: 2.5
MAGNESIO (Mg) Rapporto: 13	STAGNO (Sn) Rapporto: 1.2
RAME (Cu) Rapporto: 6.6	PIOMBO (Pb) Rapporto: 0.45
ARGENTO (Ag) Rapporto: 6.5	

Fig. 20

Come per qualsiasi tipologia di separazione, il risultato è tanto ottimale quanto più c’è uniformità di dimensione e di geometria della graniglia. Possiamo quindi affermare, che al contrario dei materiali ferrosi, nella separazione dei metalli non ferrosi il rapporto peso/conducibilità è una componente fondamentale: più è basso questo rapporto, maggiore sarà la spinta di salto. (Fig. 21)

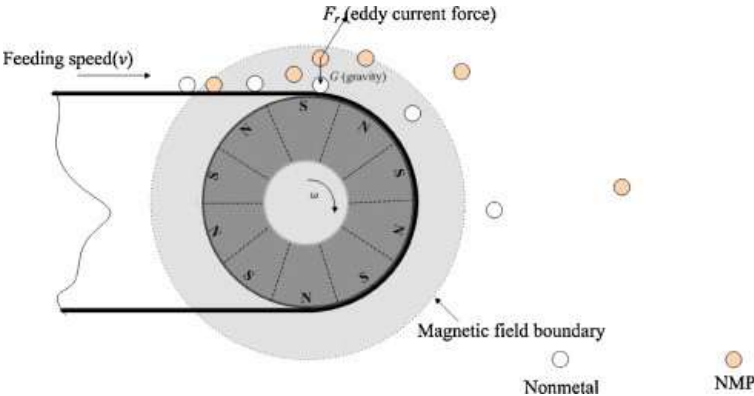


Fig. 21

4.2.7
Seconda
separazione:
processo
controllato o
separazione
rapida?

I metalli separati vengono poi fusi in apposite fornaci ed una volta terminato il processo, prima della solidificazione, vengono depurati da eventuali impurità presenti tramite elettrolisi o l'utilizzo di opportuni campi magnetici. Finito il processo di depurazione si trasporta il metallo fuso in apposite celle di raffreddamento dove si solidificherà. Volendo prima dello stoccaggio nelle celle di raffreddamento è possibile aggiungere al metallo fuso alcune sostanze chimiche per ottenere la densità finale desiderata.

Terminata l'estrazione dei materiali riutilizzabili come materie prime seconde, si passa alla suddivisione di ciò che resta attaccato al guscio di facilmente asportabile.

In primis vengono ritirati gli imbottiti, dai materassi interni alle cuscinerie esterne, compresi i cuscini decorativi. A prescindere dal materiale con cui sono composti, vengono strappate le eventuali strutture lignee e privati della parte metallica, come le molle, che verranno riciclate. Il materiale restante viene successivamente ridotto di volume tramite compattazione, per facilitarne il trasporto e lo stoccaggio. Il risultato del ciclo di compattazione viene inviato alla discarica autorizzata oppure impiegato come combustibile negli impianti di termovalorizzazione.

A questo punto ciò che resta, intero o pre-demolito, è lo scafo in vetroresina con le strutture, le sovrastrutture, gli arredi in legno, i rivestimenti sintetici e le condotte degli impianti.

Come abbiamo evidenziato all'inizio del capitolo, si può procedere seguendo due strategie.

La prima prevede la continuazione controllata del processo di separazione, andando cioè a segare le componenti distaccandole dalla vetroresina, separando quindi vite per vite il separabile e strappando invece le porzioni incollate. In questo modo le tempistiche sono dilatate ma si è sicuri di una separazione più affidabile e minuziosa. (Fig. 22)



Fig. 22

¹ Un grande problema sono i pannelli compositi, laccati o trattati con resine o vernici non ecocompatibili poiché nella grande maggioranza dei casi non vengono accettati dagli impianti di riciclo e devono così essere compattati ed inceneriti/stoccati in discarica.

L'alternativa invece è lo strappo tramite escavatore delle varie porzioni, riuscendo comunque a fare una grossolana scrematura dei vari materiali.¹

(Fig. 23)



Fig. 23

Il riciclo del legno è fondamentale per preservare l'ambiente, nonostante ormai la maggioranza dei legni utilizzati per la produzione nautica derivi da piantagioni controllate in cui per ogni albero abbattuto ne viene piantato un secondo, tutelando così il patrimonio boschivo. Inoltre recuperare materia prima dai rifiuti legnosi contribuisce a salvaguardare l'atmosfera poiché il legno che viene



Fig. 24

portato in discarica, durante il processo di decomposizione, rilascia metano e anidride carbonica, due gas tra i principali responsabili dell'effetto serra. Il legno raccolto, di qualsiasi natura esso sia, viene compattato e spedito agli appositi centri di riciclo. Qui viene dapprima sottoposto ad un processo di pulizia e successivamente viene passato attraverso ad un macchinario di frantumazione che lo riduce in scaglie dette chips, o cippato. (Fig. 24)

Una volta ridotto in scaglie, viene dapprima passato in filtri che eliminano eventuali scorie come chiodi, bulloni o residui di rivestimento, per poi passare in un secondo ciclo di triturazione in briciole di segatura, molto più fini del cippato, in un processo di raffinazione. Le briciole vengono fatte essiccare per poi subire l'ultimo trattamento di pulizia pneumatica a secco.

Il risultato è un semilavorato che può essere utilizzato in differenti modi a seconda della sua composizione. Principalmente:

- Se amalgamato con resine è possibile formare i cosiddetti protopannelli. Quest'ultimi vengono poi pressati, sia a freddo che a caldo, dando vita ai vari tipi di pannelli analizzati nel capitolo 3.
- Si producono bricchetti compatti di legno pressato utilizzabili come combustibile nelle stufe/camini al posto della legna tagliata.

¹ Bruciare gli scarti di legni implica tre grandi svantaggi: costituisce una perdita di materiali spesso aventi ancora un potenziale valore d'uso, determina un rapido ritorno dell'anidride carbonica nell'atmosfera e soprattutto è una scelta definitiva, non ripetibile poiché la materia prima viene eliminata.

Nel caso in cui un legno non si presti al riciclo, o semplicemente perché si valuta una convenienza a non riciclarlo, restano solamente due alternative:

1. Incenerimento

I legni estratti vengono direttamente inviati agli impianti di termovalorizzazione, usati come combustibile nella produzione di calore ed energia data l'ottima resa in termini di potere calorifico.¹

2. Messa in discarica

La messa in discarica, di qualsiasi prodotto si tratti, dovrebbe essere la scelta ultima nonché la soluzione più sconsigliata. Gli svantaggi sono sia in termini spaziali che di inquinamento atmosferico; bisogna infatti rendersi conto del fatto che le discariche occupano il territorio in maniera definitiva, determinando inoltre disturbi a livello locale come ad esempio odori, rumori e traffico. Inoltre, come già anticipato, la degradazione anaerobica del materiale organico sprigiona biogas nell'atmosfera, diventando una potenziale fonte di inquinamento contribuendo all'Effetto Serra.

Tentando di rispondere alla domanda se è più conveniente separare manualmente a discapito dei tempi di manodopera dilazionati oppure grossolanamente con bracci meccanici, è possibile affermare che entrambe le strategie sono potenzialmente corrette.

Se l'interesse è puramente di natura economica non c'è alcun dubbio sul fatto che una demolizione rapida, seppur più grossolana, porti a costi di lavorazione nettamente inferiori mantenendo ugualmente una buona percentuale di riciclo dei materiali, specialmente vetro e metallo.

Al contrario volgendo lo sguardo al futuro del nostro pianeta e sfruttando l'onda della sensibilità globale che si sta fortunatamente alzando sul fronte ecologico, è necessario sottolineare che una demolizione controllata comporta percentuali di riciclo maggiori data la separazione più accurata delle componenti, specialmente quelle incollate.

Una volta smontata la componente lignea presente a bordo, ciò che resta all'interno sono i residui dell'impianto idraulico e dell'impianto elettrico, facilmente smaltibili negli appositi centri dedicati in cui avviene una rapida separazione ed estrazione del rame e dell'alluminio o acciaio dalle guaine polimeriche nelle quali erano annegati attraverso delle cippatrici/cippatrici e vagliatrici. (Fig. 25)

L'ultima parte di coibentazione viene strappata, compattata e mandata in discarica come rifiuto speciale pericoloso, specialmente i pannelli più datati in cui era presente un'alta percentuale di lana di roccia, attualmente non più utilizzata.



Fig. 25

4.2.8 Demolizione delle Macro- Componenti di risulta

¹ Se la demolizione avviene presso il sito di stazionamento dell'unità, i materiali vengono stoccati fino al ritiro in loco; è quindi opportuno prevedere uno spazio da destinare a tale scopo, in caso contrario il costo del servizio aumenta poiché l'azienda demolitrice deve occuparsi del trasporto dei materiali presso la propria sede.

² La triturazione dei compositi deve avvenire con la presenza di opportuni aspiratori per evitare l'alzarsi in aria di sottili polveri tossiche che, data la loro leggerezza, possono propagarsi anche a centinaia di metri.

Motori ed impianti sono stati sbarcati, tutto ciò che era riutilizzabile è stato smontato, i materiali rivendibili come materie prime seconde sono state stoccate o spedite ai relativi centri addetti alle lavorazioni, come anche i legni e le plastiche sono stati inviati in appositi centri che ne valuteranno le possibilità di riciclo.¹

Resta “solamente” lo scafo in composito, che sia esso in single skin o in sandwich, con i relativi rinforzi lignei o polimerici. Quest'ultimi, anche se nelle successive fasi di ultima demolizione potrebbero essere strappati senza grandi difficoltà, verranno smaltiti insieme alla vetroresina perché ampiamente contaminati dalla penetrazione della matrice. (Fig. 26)



Fig. 26

Se le fasi precedenti sono state effettuate nella sede di stazionamento dell'unità, essa viene sezionata in più punti con appositi flessibili, così da compattarla il più possibile riducendone il volume per un trasporto più pratico alla sede del centro di smaltimento, dove si potrà proseguire con le ultime fasi della demolizione.

I blocchi sezionati di vetroresina vengono inseriti in appositi trituratori che riducono in scaglie il materiale composito.² (Fig. 27)

Le briciole derivate dal processo di shreddering vengono compattate per essere stoccate e successivamente spedite.

In questi blocchi compressi possiamo trovare briciole e polveri dei vari materiali di risulta, in particolare:

1. Fibra di vetro
2. Fibra di carbonio
3. Resine
4. Gelcoat
5. Vernici
6. Pvc
7. Pu
8. Legno
9. Compensato
10. Alluminio
11. Nomex
12. Acciaio Inox
13. Adesivi strutturali



Fig. 27

Una volta triturato il materiale, si può procedere con le seguenti strategie:

- **Spedizione in discarica:**

Soluzione attualmente più utilizzata ma poco pratica considerando la non biodegradabilità di questo materiale. Il prezzo del deposito in discarica di materiali di questo tipo può arrivare a 450 euro per tonnellata.

- **Incenerimento:**

Tecnica più utilizzata in passato, attualmente sotto analisi dato l'importante inquinamento da fumi generati e dispersi nell'atmosfera. In generale i compositi termoindurenti hanno un elevato potere calorifico e per questo si rivelano un buon combustibile che libera molta energia. Sono stati condotti svariati test mescolando i rifiuti derivati dallo smaltimento di scafi con i rifiuti solidi urbani, dimostrando l'aumento dell'efficienza del processo di incenerimento. La percentuale massima di scarti di vetroresina non deve superare il 10% del combustibile causa un aumento oltre i limiti di gas prodotti durante la combustione. Per questo motivo in realtà gli scarti derivanti dalla frantumazione possono arrivare a lunghissime attese prima di essere inceneriti, richiedendo quindi ampi spazi per lo stoccaggio.

- **Riciclo:**

La strada ecologicamente più sostenibile è chiaramente quest'ultima, nonostante le grandi difficoltà che tutt'ora comporta il riciclo di questo materiale, oltre ai prezzi ancora particolarmente elevati in proporzione ai risultati. Il riciclo sottintende sia i cambiamenti di forma e funzione, sia un ritorno come materia prima seconda.

4.3 Riciclare la vetroresina

Abbiamo già introdotto la vetroresina nell'ottica della costruzione nel corso del capitolo 3, è ora opportuno considerare questo materiale da un punto di vista delle possibilità di riciclo. Ormai è passato ben più di mezzo secolo da quando questo materiale ha preso piede nella produzione nautica diportistica, nonostante questo le reali problematiche relative allo smaltimento di questo materiale stanno emergendo solo negli ultimi decenni, senza ancora un'apparente risoluzione che sia efficace a 360°, considerando quindi sia gli aspetti economici che gli aspetti ambientali.

Come noto, il principale problema è la matrice utilizzata, ovvero le resine termoindurenti: la polimerizzazione derivante dal processo di catalisi di queste resine non è reversibile per definizione, per questo non è possibile riportare il composto ad uno stato liquido attraverso il consueto processo di riscaldamento e fusione tipico invece dei materiali termoplastici.

Un'altra condizione negativa che rema a sfavore del riciclo di questo materiale

è quella collegata alle fibre artificiali vetrose utilizzate come rinforzo. Sono stati condotti studi epidemiologici su animali da laboratorio che, sottoposti ad inalazione forzata e/o al contatto con fibre insufflate direttamente a livello pleurico, hanno mostrato l'evidente insorgenza di significative modificazioni cellulari, sia livello alveolare che pleurico, con comparsa di carcinomi e mesoteliomi. Attualmente non esistono riscontri epidemiologici sull'uomo. Le fibre di vetro sono state ugualmente oggetto di adeguamento alle Direttive CE, classificate a tutti gli effetti come sostanze pericolose sottoposte ad obbligo di etichettatura; l'etichettatura si rende necessaria poiché esistono svariate tipologie di fibre di vetro con differenti gradi di pericolosità. In particolare, le fibre impiegate nella laminazione di manufatti in vetroresina sono classificate come materiale cancerogeno di categoria 3 (UE) e vengono etichettate con la sigla R40 "possibilità di effetti irreversibili".

Come anticipato in precedenza il materiale di risulta può essere spedito in discarica, scelta ecologicamente non più sostenibile, oppure è possibile valutare strategie di riciclo e riutilizzo rese possibili dalla tecnologia e la chimica contemporanea. Esistono principalmente due strategie di riciclo di questo materiale, molto differenti tra loro in termini di risultati, di complessità e di costi:

- Nel primo caso si punta a raffinare le scaglie pre-macinate, trattando quindi il materiale come un monolite a prescindere dalla sua composizione (fibra o matrice). La polvere di risulta può essere utilizzata in diverse modalità, singolarmente o come filler. Questa tecnica prende il nome di *regrinding*.
- Il secondo caso al contrario mira alla separazione del tessuto di vetro dalla resina tramite processi chimici con l'obiettivo di riottenere materia prima seconda e chiudere così il cerchio dell'LCA¹ della vetroresina. (Fig. 28)



Fig. 28

¹ LCA: Life Cycle Assessment

4.3.1 Regrinding

Quando si valutano le varie opzioni di riciclo delle porzioni di vetroresina, il regrinding è quasi sempre l'opzione più economica e per questo la più utilizzata, nonostante non permetta impiegare nuovamente il materiale nello stesso ciclo produttivo. La macinazione infatti, tranciando le fibre del tessuto, distrugge anche le sue proprietà meccaniche rendendolo pressoché inutilizzabile come rinforzo in nuovi manufatti di vetroresina.

Questo non significa però che la polvere, risultato della macinazione, sia un materiale inutilizzato, anzi.

Procedendo con ordine, il primo passaggio è quello di isolare la fibra impregnata dalla restante parte dei materiali derivanti dall'ultimo ciclo di demolizione dello scafo. Attualmente questo processo è ancora fallace e le contaminazioni restano alte, specialmente per quanto riguarda le plastiche. Una separazione più accurata possibile in fase di demolizione porta sicuramente a risultati migliori in termini di purezza del macinato finale. Una volta terminata la selezione del materiale da tritare questo viene fatto passare attraverso delle macchine frantumatrici, a lame o a martelli, che procedono alla macinazione del materiale. Al termine della camera di frantumazione è inserito un setaccio intercambiabile che lascia fuoriuscire le briciole all'esterno solo quando raggiungono il diametro massimo desiderato.

(Fig. 29)

Il macinato, contenente circa il 25-28% di fibre di vetro contro la restante parte costituita da resina e da una percentuale di "fluff"¹, viene poi sfruttato in differenti settori, dall'edilizia all'interior design.

- Una dei principali utilizzi del macinato è la produzione di manufatti creati con una tecnica di stampaggio a pressione a freddo. Questa operazione non produce sfridi, tutto ciò che viene macinato può essere quindi riutilizzato nella produzione di questi pannelli che prendono il nome di RFM (Recycle Fiber Material). Questi pannelli hanno ottime proprietà fonoassorbenti ed isolanti e vengono spesso utilizzati nell'edilizia come materiale isolante al suolo, ottimi soprattutto in ambienti umidi, data la loro natura immarcescibile. Un altro vantaggio di questi pannelli è che sono carteggiabili, verniciabili e laccabili. (Fig. 30)



Fig. 29

¹ Fluff: il fluff è la parte volatile che si ottiene dalla frantumazione ed è composto da quei materiali non estratti nelle fasi precedenti alla macinazione. Più alto è il Fluff meno puro è il composto.



Fig. 30

- Talvolta il macinato viene miscelato a resine termoplastiche, prendendo quindi la funzione di compounder sia in laminazioni manuali che in stampaggi ad iniezione. Le resine utilizzate sono a base di Polietilene, Polipropilene o ABS e possono essere vergini o derivare a loro volta da precedenti processi di riciclo. La miscelazione ottimale per lo stampaggio dei nuovi prodotti è di 60% di vetroresina macinata e 40% di resina termoplastica. I manufatti prodotti con materiale termoplastico sono riciclabili al 100%. Con questa tecnica vengono prodotti anche pannelli e rivestimenti in simil pietra, miscelando additivi naturali o artificiali e pigmenti di colore. (Figg. 31, 32)



Fig. 31



Fig. 32

- Un ulteriore impiego è quello di supporto di alleggerimento nei pannelli in pietra. Non è raro trovare pannelli di supporto di fibre, macinate e pressate, rivestite da lastre sottili di pietra o finta-pietra. Questa tecnica è utilizzata molto spesso anche dai diretti fornitori di pannelli alleggeriti per unità da diporto. (Figg. 33, 34)



Fig. 33



Fig. 34

- È anche utilizzato come filler per una parziale sostituzione alla sabbia fine nella preparazione di malta cementizia e calcestruzzo autocompattante. Inoltre è stato sperimentato per l'asfalto stradale, con buone proprietà meccaniche di tenuta e drenaggio; di contro, il prolungato passaggio del traffico di mezzi di trasporto induce un veloce deterioramento con successivo innalzamento di polveri sottili, facilmente inalabili e dannose per le vie respiratorie.

4.3.2
Pirolisi:
Demolizione
termica non
ossidativa

Una seconda tecnica utilizzabile per il riciclo delle componenti in vetroresina è la pirolisi sottovuoto, o piroscissione. Questo processo, definito come una demolizione termica non ossidativa, sfrutta il principio chimico per cui riscaldando un materiale in condizioni anossiche, ovvero in totale assenza di ossigeno, non si avvia il tradizionale processo di combustione bensì si sgretolano i legami chimici originari con il conseguenziale ritorno a molecole semplici. La differenza principale rispetto ad un tradizionale processo di incenerimento sta nel fatto che il calore sprigionato, tra i 400°C e gli 800°C viene sfruttato per la scissione dei legami in un processo chimico conosciuto come omolisi termicamente indotta.

A queste temperature parte dei materiali che normalmente si trovano allo stato solido vengono convertiti a stato liquido o gassoso.

Le fibre di rinforzo in vetro a queste temperature mantengono uno stato solido, ritornando quasi alle condizioni vergini; al contrario la resina si scioglie, producendo un biocarburante e sprigionando nell'aria una componente gassosa, detta Syngas, nuovamente impiegabile per il mantenimento dell'impianto stesso o immissibile in rete come i più consolidati termovalorizzatori. Circa il 5% del materiale estratto dal processo di pirolisi risulta cenere che, dopo un passaggio attraverso un gassificatore, diventa inerte e può tranquillamente essere smaltita in discarica.

Un recente studio in laboratorio condotto dal Dott. Davide Telleschi ha dimostrato un ottimo livello qualitativo sia dei gas che della fibra, identificando una temperatura di utilizzo ottimale non superiore ai 600°C. Se in buone condizioni la fibra può essere riutilizzata come rinforzo, altrimenti può assumere la funzione di filler.

Sono pochi gli impianti di pirolisi a livello industriale in territorio nazionale e si limitano principalmente a trattare biomasse provenienti dalle aziende agricole. Tra i grandi dubbi che ancora aleggiano attorno a questa tecnologia vi è il costo. Ma è davvero un processo così costoso? Sicuramente le spese di apertura di un impianto di demolizione termica non sono irrisorie, ma potenzialmente non così elevate considerando gli utili ricavabili dalla vendita del servizio e dei materiali di risulta. Per fare un po' di chiarezza in merito è sicuramente interessante leggere il Business Plan (di seguito in versione ridotta) di un potenziale impianto di pirolisi ipotizzato dal Dott. Paolo Fuggetta, presidente Asso. Pro. Energy.

“In questa sede ci limitiamo ad accennare brevemente al Business plan ed in forma molto generale, in quanto lo stesso è naturalmente legato a molti fattori variabili dalla dimensione dello stesso, dalla sua collocazione, dal personale impiegato, dalle tariffe dei rifiuti, ecc. Cominciamo col dire che per rispettare il patto di stabilità, assicurazione e canone di manutenzione sono a carico del leasing.

Prendiamo come esempio un impianto da 1 megawatt che viene alimentato da circa 15.000 tonnellate annue di rifiuti urbani indifferenziati. Indicativamente i prezzi correnti di mercato variano da 5 a 5,5 milioni di euro escluse opere edili (capannone da 2000 a 4000 metri quadrati).

Se consideriamo una rata leasing di 600.000 euro l'anno siamo in fascia

di sicurezza comprese le opere edili, l'assicurazione annuale e il canone di manutenzione. A questo va aggiunto il costo del personale: sono sufficienti 6 unità lavorative. Abbiamo previsto 200.000 euro annui. Abbiamo quindi un costo di 800.000 euro l'anno.

Se consideriamo una tariffa di smaltimento pari a 50 euro a tonnellata (i prezzi correnti di ingresso in discarica vanno da 80 a 110 euro a tonnellata escluso trasporto!), il ricavo dallo smaltimento è pari a 750.000 euro. A questo va aggiunto il ricavo della vendita della energia elettrica che, considerando 7.500 ore di produzione annua per 1 megawatt l'ora per una tariffa di acquisto da parte del gestore elettrico pari a 0,10 euro/kilowatt, dà un ulteriore ricavo annuo di 750.000 euro, per un totale di 1,5 milioni di euro annui contro 800.000 euro di costi!

Non si può dire che non sia redditizio questo tipo di impianto. Anche considerando un ingresso gratuito dei rifiuti in impianto, il pareggio di bilancio è comunque raggiunto.

Inoltre non abbiamo considerato un eventuale introito proveniente dall'utilizzo dell'energia TERMICA prodotta da questo impianto C.A.R. (cogeneratore ad alto rendimento) nella forma di acqua calda a 90° che può essere distribuita fino ad un raggio di 4.000 metri dall'impianto stesso.” (Dott. P. Fuggetta, 2011).

Nonostante i dubbi in proposito, le considerazioni sperimentali in merito alla pirolisi hanno dimostrato la potenzialità di questo processo in relazione a costi ipoteticamente sostenibili. In realtà esistono ulteriori tecniche di separazione delle fibre dalla matrice, solitamente derivanti dal riciclo di compositi dal valore commerciale ben più elevato rispetto alla vetroresina, come il carbonio o il Kevlar.

Prima tra tutti c'è la digestione acida, un processo chimico in via di sperimentazione, al momento non ancora sostenibile economicamente.

Più abbordabili invece sono i processi termici a letto fluido dai quali si estraggono degli olii utilizzabili come combustibile, la resina in forma solida, smaltibile in discarica, e le fibre potenzialmente vergini riutilizzabili per la produzione di nuovi compositi termoindurenti.

Un'altra importante strategia di separazione sfrutta il principio di estrazione a freddo utilizzando come solventi dei Fluidi Supercritici (SCF). I fluidi appartenenti a questa famiglia, aventi un basso peso molecolare, hanno come caratteristica chimico-fisica principale una temperatura critica prossima a quella ambiente (Temperatura critica compresa tra 10°C e 40°C) e contemporaneamente una pressione critica relativamente bassa (Pressione critica compresa tra 40 e 60 bar).

Le peculiarità dell'estrazione con fluidi supercritici SFE (Supercritical Fluid Extraction) possono così sintetizzarsi:

- I fluidi impiegati nel processo hanno un alto potere solvente e un'ottima selettività;
- Il fluido impiegato è un gas non infiammabile e con un basso impatto ambientale;
- È considerabile a tutti gli effetti una tecnologia di estrazione "a freddo";
- Sono facilmente modulabili sia la pressione che la temperatura per ottimizzare l'estrazione e la separazione.

Nonostante i risultati siano apprezzabili, queste tipologie di separazione non vengono quasi mai adottate per la vetroresina poiché sconvenienti da un punto di vista economico.

4.4 Casi studio

Data l'attuale mancanza di una filiera di demolizione standardizzata, possiamo affermare che siamo tutt'ora in bilico tra due epoche storiche della nautica da diporto; stiamo infatti attraversando un periodo di transizione tra l'assenza di interesse se non l'ignoranza del problema stesso dello smaltimento, e il futuro che, speriamo, ci offra soluzioni ecologicamente ed economicamente sostenibili alimentate dalla presa di coscienza degli obblighi che abbiamo per salvaguardare il nostro pianeta.

Ed è proprio in questo limbo che nascono idee, progetti di ricerca e sperimentazioni pratiche, logistiche ed economiche; Le proposte partono da privati, associazioni, enti pubblici ed intere nazioni, nel tentativo di raggiungere differenti soluzioni al medesimo problema.

Ad esempio una soluzione temporanea proposta in Svezia nel 2019 ha offerto la possibilità agli armatori svedesi di rottamare gratuitamente per un anno le vecchie barche con i finanziamenti messi a disposizione dall'Agenzia Nazionale per la gestione delle Risorse Marine e Idriche. In totale sono state ritirate, separate e riciclate per quanto possibile 500 imbarcazioni per un totale di 300.000 euro di sussidi.

L'unica spesa rimasta a carico degli armatori è stato il trasporto al sito di demolizione.

Un esempio di strategia gestionale del problema è stato messo in pratica in Francia da APER (Association pour la Plaisance Eco-Responsable), prima azienda al mondo che si è specializzata nella demolizione di barche da diporto, nata grazie alla FIN, la Federazione delle Industrie Nautiche francesi. APER ha indetto una gara d'appalto privata su tutto il territorio francese per selezionare e

creare una rete di fornitori responsabili atti al trattamento dei rifiuti provenienti da imbarcazioni da diporto o sportive. La demolizione attraverso questa associazione è attiva da metà del 2019 attraverso i 48 centri attivati grazie a questa iniziativa.

Anche negli Stati Uniti stanno nascendo progetti di smaltimento e riciclo. Una menzione speciale è sicuramente da riconoscere al progetto *Rhode Island Fiberglass Vessel Recycling Project* che si è adoperato per la produzione di cemento attraverso pietroline (clinker) composte da rifiuti provenienti dallo smaltimento della vetroresina al posto di silice e calcio. Il progetto è simile ad un programma nato in Germania che propone il riciclo per macinazione delle pale delle turbine eoliche costruite in fibra di vetro impastando la graniglia nel calcestruzzo.

4.4.1 Caso studio A: Processo Korec

Korec è una società italiana che nasce nel 2013 da un'intuizione dei suoi fondatori, Laura Saviano e Antonello Dimiccoli, entrambi chimici industriali e consulenti ambientali. Dopo una lunga attività di ricerca e sviluppo condotta in parte grazie alla collaborazione con l'Università di Napoli "Federico II", Korec ha messo proposto, prototipato e brevettato un processo per un riciclo della vetroresina ad alto profitto. L'azienda non mira ad un cambiamento di forma e quindi d'uso, bensì alla ricreazione di materie prime seconde, portando una possibile soluzione all'ancora mancante anello di collegamento che trasformi il ciclo produttivo della vetroresina in un vero e proprio sistema di economia circolare.

L'obiettivo dell'azienda è stato la messa a punto di un processo termochimico innovativo, brevettato a livello mondiale, in grado di recuperare dalla vetroresina non solo la fibra di vetro, ma anche la parte organica (resina), che può essere riutilizzata per la produzione di nuovi oggetti in vetroresina.

Il liquido ottenuto dal processo termochimico ideato da Korec, a differenza di quello estratto dalla tradizionale pirolisi, è caratterizzato da un'elevata concentrazione di legami insaturi che possono essere coinvolti in nuove reazioni di polimerizzazione (cross-linking)¹.

Questo significa che le resine estratte, la cui percentuale si avvicina all'85% del peso della resina di partenza, possono essere miscelate in aggiunta alla resina vergine poliestere normalmente utilizzata in commercio, ed essere riutilizzata nella stessa filiera produttiva di partenza. Il processo agisce su resine di natura ortoftalica, isoftalica o vinilestere. (Fig. 35)



Fig. 35

¹ Le analisi calorimetriche differenziali a scansione (DSC) hanno comprovato una reazione di polimerizzazione completa della miscela "riciclato Korec/resina vergine".

Anche le fibre di risulta del processo sono particolarmente pulite ed integre grazie ad un trattamento di calcinazione effettuato dopo la prima fase di reazione, eliminando i possibili residui carboniosi. Si riesce ad estrarre il 99% del peso delle fibre di partenza e possono essere riutilizzate sia come fibre tagliate (chopped strands) sia come fibre macinate (milled fibres). Nello specifico, le fibre tagliate vengono impiegate per la creazione di nuovi fogli di MAT da mettere in commercio.



Fig. 36

(Figg. 36, 37)

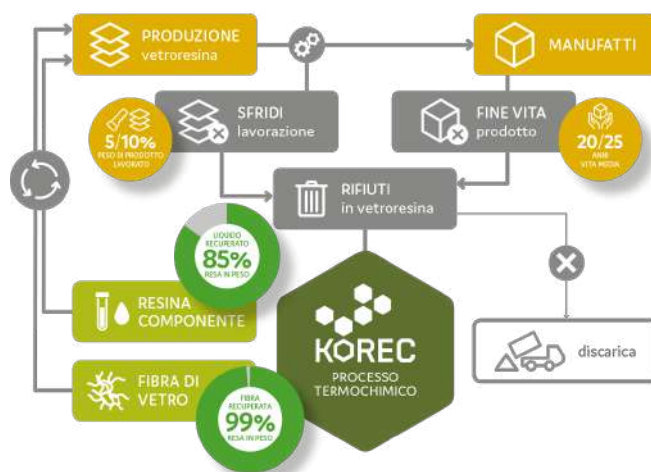


Fig. 37

4.4.2 Caso studio B: Ryds b  tar

A mettersi in moto per la valorizzazione dei rifiuti provenienti dalla dismissione delle unit  da diporto non sono esclusivamente enti pubblici, associazioni o ricercatori specializzati. Questo   il caso di Ryds b  tar, un cantiere svedese molto attivo che produce natanti dagli 11 ai 20 piedi, per un numero annuo di barche prodotte che si aggira intorno alle 3.600 unit . Nel 2015 ha iniziato a collaborare con l'*Istituto Svedese dei Compositi*, dando vita allo sviluppo di una nuova produzione di barche con rottami riciclati pari al 10% del laminato. Il risultato   stata una barca di 15,5 piedi di cui il 20% del suo peso   vetroresina di riciclo.

Il processo sperimentato da Ryds permette l'utilizzo di laminati originali esclusivamente in single skin di fibra di vetro e resina poliester . La tecnica utilizzata   la laminazione a spruzzo e, rispetto alle unit  tradizionali, ha ridotto la vetroresina vergine del 50% sostituendola con una miscela di poliester  spruzzata contenente dal 33% al 40% di risulta dal processo di regrinding.

Inoltre, non potendo usare una costruzione in sandwich, Ryds ha sostituito con questa miscela anche tutte le porzioni di rinforzo che solitamente costruiva in compensato marino.

4.4.3

Caso studio C: ELB – End of Life Boat + CRN

¹ BFC: brevetto congiunto tra il CRN (Dott. Mario Malinconico e Dott. Maurizio Avella) ed altri ricercatori privati

Trattando del riciclo della vetroresina ed in particolare delle possibilità di utilizzo del macinato derivato dal regrinding, è stato esposto il potenziale se usato come compounder.

Ucina, all'interno del programma ELB (End of Life Boat) ha proposto una lavorazione a freddo della vetroresina derivata dalle imbarcazioni, attraverso un primo processo di frantumazione e raffinazione in cui le scaglie di vetroresina vengono ridotte in polvere. Successivamente la polvere viene addizionata come carica attraverso la tecnologia BFC¹ (Bulk Filled Compound) in prodotti fluidificati derivanti dal riciclo di imballaggi in polistirolo.

Il prodotto finale ha buone caratteristiche meccaniche su un basso peso specifico e per questo ha un buon potenziale di interesse per la fabbricazione di strutture leggere applicabili nell'industria aeronautica, automobilistica e nautica. Le possibili applicazioni possono spaziare anche nel settore dell'interior design e dell'architettura, poichè l'opportuna lavorazione permette di realizzare rivestimenti, coperture e piani di lavoro.

4.4.4

Caso studio D: Patricia Urquiola e Gees Recycling

GEES Recycling è un'azienda italiana nata nel 2010 con un obiettivo ben chiaro, segnato nello statuto: “[...] *il recupero e la trasformazione dei compositi fibro-rinforzati e dei termoindurenti espansi rigidi in nuovi materiali costruttivi double green, l’R&D di tecnologie e impianti industriali per il riciclo, e infine il trasferimento tecnologico.* [...]”

Tra i brevetti più importanti c'è proprio la produzione di compound con elevate percentuali di compositi fibro-rinforzati per l'utilizzo come carica inerte nello stampaggio ad iniezione dei termoplastici, con il quale nel 2014 ottiene la certificazione CSI “Recycle Composite”, prima azienda in Europa.

Ed è proprio con il brevetto per lo stampaggio di termoplastici caricati con fibre di vetro di risulta che nel 2019 insieme allo studio di Patricia Urquiola portano la questione riciclo dei compositi agli occhi della grande nautica di lusso.

L'architetta spagnola, incaricata del progetto di interior design dello yacht SD96 del cantiere Sanlorenzo, ha scelto di collaborare con GEES Recycling per la produzione di pannelli in vetroresina decò, tavolini da esterno, sgabelli da cucina e comodini. (Figg. 38, 39)



Fig. 38

La scelta coraggiosa non è solo indice della visione creativa di Patricia Urquiola ma, a modo suo, è diventato un esempio dimostrativo che il riciclo della vetroresina può non solo generare nuovi oggetti, ma anche impreziosire con eleganza ed ecosostenibilità prodotti che di ecosostenibile al momento hanno ben poco, diventando copertina di quello che ci si può augurare possa diventare un trend condiviso dall'architettura alla piccola, media e grande nautica di lusso.



Fig. 39

05. PREVENIRE:

La progettazione in funzione dello smaltimento

Risulta chiaro come la grande problematica della demolizione delle unità da diporto, specie di grandi dimensioni, sia proprio la selezione e la separazione dei materiali presenti a bordo. Per di più è utile ragionare sul fatto che ogni cantiere di demolizione intervistato, ogni articolo sull'argomento ed ogni proposta strategica fanno sempre riferimento ai materiali LEGNO, METALLO, VETRO, PLASTICA, VETRORESINA, semplificando così a cinque materiali quella che invece è la realtà dei fatti, sviscerata nel capitolo 3: decine e decine di materiali incastrati e compenetranti tra loro, la cui scomposizione a cinque famiglie di appartenenza genera evidenti contaminazioni nell'ottica del riciclaggio.

Ogni materiale, se opportunamente separato dal resto, offre una purezza di riciclo molto maggiore; anche nell'ottica di uno smaltimento in discarica o di incenerimento, agglomerati di materiale omogeneo facilitano i processi di stoccaggio, migliorando inoltre la logistica della selezione dei materiali da incenerire in base alle esigenze di potere calorifico.

Chiaramente la separazione di possibili cento materiali differenti è un processo complesso e costoso, specialmente in termini di tempistiche di lavorazione e della necessità di una manodopera specializzata.

In sintesi questi fattori aumenterebbero drasticamente i prezzi della demolizione con la possibilità che risulti quasi inavvicinabile. Il rischio plausibile è quello di un ritorno a metodi di smaltimento illeciti, oltre ad un rincaro del numero degli abbandoni, considerando la maldisposizione generale a pagare per un rifiuto.

Basandoci sulla tabella estratta dal "Rapporto Europeo sui costi di disarmo delle imbarcazioni da diporto", possiamo definire, in base a tre segmenti di lunghezza, le spese medie di gestione dello smaltimento delle unità, notando la crescita esponenziale di prezzo all'aumentare delle dimensioni e quindi della quantità di materiali incontrabili. (Tab. 01)

COUNTRY	DISMANTLING COSTS	SPECIFIC INFORMATION	INFORMATION SOURCE
Finland	<p>For boats under 6 metres, the disposal costs are 10€ per metre, plus nominal local transportation costs.</p> <p>The reported Finnish costs are as follows: Truck hire 55€ per hour Disposal cost (boat <6m) 10€ per metre Disposal cost (boat >6m) 150€ per tonne</p> <p>The disposal of metal boats is free of charge.</p>	<p>The Finnish system follows the principle that "the polluter pays" but tempers this by ensuring that the polluter doesn't pay too much (avoiding dumping problems because of high marina charges and high disposal costs).</p> <p>The Finnish system is not yet proven for larger craft, such as large sailing boats among others, but Kuusakoski is confident that these too can be handled with no particular difficulties. In their opinion, no new capital expenditure on infrastructure, fixed or mobile, would be necessary. The costs of scrapping these larger crafts would be greater than for the small boats, with a 12m sailing boat working out at about 124€ per metre.</p>	FINNBOAT - Finnish Marine Industries Federation & Kuusakoski
France	<p>7 metre boat has a dismantling cost of approximately 700€.</p> <p>This cost could go up to 900€ when transportation is included.</p>	<p>Nevertheless, for each boat, the above-mentioned association APER - Association pour la Plaisance Eco-Responsable asks for several cost estimations in order for owners to get the best price.</p> <p>Costs for bigger boats are not specified, but the document mentions the cost would go up in an exponential way.</p>	Mission parlementaire - Démantèlement des navires (Le Grenelle de la Mer)
Italy	<p>The estimations of the decommissioning cost of an end-of-life boat have been evaluated for three different craft sizes, not including transport and handling expenses:</p> <ul style="list-style-type: none">- Short outboard craft (5m): ~ 300 €- Medium outboard daycruiser (7,5m); Moulds: ~ 1.500 €- Big cabin cruiser (15m): ~ 15.000 €	<p>Such a price difference is generated essentially by the labour costs, deriving from the complexity of the disassembling process, which cannot be managed with standardized large-scale waste handling procedures.</p> <p>That process needs a hand-crafted process made by operators with a strong boatbuilding know-how, in order to preserve the safety of the workers and to obtain the maximum recyclability of each component.</p>	UCINA - Italian Marine Industry Association
Spain	<p>Yatch (4-7 m): 760€</p> <p>Sailboat (10-12 metres): 1880€</p>		LIFE Boatcycle project

Tab. 01

Le seguenti stime non includono le spese di trasporto:

- Unità da diporto intorno ai 7 metri di lunghezza: prezzo medio di smaltimento di 800 euro;
- Unità da diporto intorno a 10-12 metri di lunghezza: prezzo medio di smaltimento di 1500 euro;
- Unità da diporto intorno ai 15 metri di lunghezza: prezzo medio di smaltimento stimato 15.000 euro

L'impennata del prezzo medio nel passaggio tra la fascia intermedia e quella superiore è giustificata dal fatto che nel primo caso una buona parte di unità ha ancora degli interni molto semplificati, se presenti, mentre dai 15 metri le barche diventano dei veri e propri oggetti complessi.

Oltre ad una certa lunghezza solitamente il prezzo dello smaltimento non è più misurato al metro lineare bensì a peso, arrivando tranquillamente a costare 100/200 euro a tonnellata. Considerando che le imbarcazioni da diporto al limite dei 24 metri di nuova generazione, specialmente a motore, possono arrivare ad avere un dislocamento pari a 90-100 tonnellate, risulta evidente la prioritaria importanza di valutare alternative nei processi sia di costruzione sia di smaltimento per contenere le spese di gestione future di queste grandi unità. Fino a che l'unica alternativa a spendere decine di migliaia di euro per una scelta responsabile è svendere le unità o abbandonarle, pur trovando soluzioni tecnologiche funzionali, non ci sarà mai l'appello commerciale necessario a combattere realmente la situazione.

5.1 Dialogo tra i progettisti e le aziende demolitrici

L'evoluzione tecnologica perenne a cui siamo abituati ad assistere non lascia il tempo di metabolizzare una novità che subito il mercato ne offre una seconda, poi una terza e una quarta. Questo vale sia da un punto di vista delle novità progettuali e costruttive, sia per le tecnologie e le strategie di demolizione e smaltimento. Le interviste portate avanti con progettisti e cantieri, condotte in parallelo a quelle ad aziende di demolizione e di smaltimento, hanno evidenziato un aspetto interessante quanto preoccupante: non esiste una reale collaborazione diretta tra chi produce le barche e chi le smaltisce.

Anzi risulta chiaro come la continua evoluzione di materiali e tecniche costruttive da una parte sia inseguita affannosamente nel cercare "rimedi" dall'altra. Ma cosa succede quando un rimedio non c'è? "[...] *in quel caso lo mandiamo in discarica.*"

Questa risposta, apparsa svariate volte nel corso dei tre anni di ricerca, dovrebbe suscitare un grande punto interrogativo:

se non vengono trovate alternative a problematiche ricorrenti in fase di demolizione e smaltimento, perché non viene valutata la possibilità di progettare

preventivamente la soluzione mettendola in atto durante la costruzione?

Nell'attesa e speranza che un giorno qualcuno si presenti con una soluzione di smaltimento funzionale al 100%, la scelta di ignorare il problema procedendo imperterriti alla costruzione con metodi tradizionali forse non è la scelta più responsabile. Anche perché è più che mai chiaro che, tralasciando il metodo di riciclo delle varie componenti, sono le contaminazioni create durante la costruzione (o forse non calcolate durante il progetto) a rendere difficoltosa la separazione dei materiali, causando percentuali di riciclo peggiori in termini sia di peso che di purezza.

Per di più quando il disegno passa al cantiere, per ogni modello e spesso per ogni singola matricola vengono prese delle decisioni in loco su come sia meglio procedere per determinate giunzioni. Queste scelte normalmente sono arbitrarie, basate sull'esperienza dei singoli in relazione ai costi e alla solidità, ma con la completa ignoranza riguardante al futuro smaltimento di quelle componenti. E probabilmente è anche corretto così, ad ognuno il suo lavoro; ma la sensibilità su tematiche così attuali a chi altro dovrebbe appartenere se non al progettista?

Utopicamente non dovrebbe essere il demolitore a doversi informare su com'è stata costruita una determinata unità prima di smaltirla, ma il progettista ad essere informato dal demolitore su come progettare un'unità affinché possa essere meglio smaltita a fine vita.

Dall'altro lato della medaglia purtroppo un ragionamento in questi termini frenerebbe l'innovazione, per questo si rende necessaria la ricerca del giusto compromesso.

Sfortunatamente al momento non sono stati trovati in campo nautico esempi pratici di collaborazioni tra chi produce le barche e chi le smaltisce, come non risulta l'esistenza di normative o almeno buone pratiche comuni che possano tracciare un punto di partenza per un modo di pensare non mirato alla sola produzione o alla sola demolizione, ma che abbia uno sguardo più ampio all'intero LCA dell'oggetto barca.

Una volta che è stato preso atto della mancanza di un filo conduttore tra le due fasi opposte di montaggio/smontaggio, è necessario capire come creare questo collegamento.

Un primo importante passo potrebbe essere l'organizzazione di corsi di formazione mirati a:

Sensibilizzare i progettisti sul problema dello smaltimento delle unità da diporto;
Informare progettisti e cantieri nautici sulle difficoltà pratiche rinvenute nella separazione;

Formare gli addetti alla costruzione sulle buone e cattive pratiche costruttive;

Formare i progettisti in merito alla possibilità di introdurre nella nautica concetti derivanti dal DFMA¹ e Design for Disassembly;

Formare gli addetti alla demolizione riguardo l'importanza di una suddivisione controllata;

¹ DFMA: Design For Manufacture and Assembly

La modifica di un ciclo produttivo è sicuramente un passo complesso per un cantiere, specialmente nel campo nautico dove esperienza e tradizione si tramandano gelosamente. Come è successo nel mondo automobilistico però, inevitabilmente si arriverà in un domani piuttosto vicino a normative sempre più restrigenti che, prima o poi obbligheranno, i costruttori ad adeguarsi.

5.2 Confronto con il mondo dell'automotive

Parlando di mezzi di trasporto, l'automotive è sicuramente un grande esempio di settore in continua innovazione tecnologica nonostante le pesanti restrizioni a cui le case automobilistiche vanno incontro specialmente in termini di materiali tollerati. Chiaramente il fattore di scala molto differente rispetto a quello nautico gioca un ruolo importante, ma le percentuali di riciclo di un'automobile non sono certo così alte solo per le dimensioni contenute. Fondamentalmente la grande differenza è il delta tempo compreso tra l'acquisto di un'auto e la sua demolizione nettamente inferiore rispetto allo stesso ci un'unità da diporto. Sicuramente di norma le auto hanno una vita più breve e più intensa, ma ciò che davvero motiva il proprietario di un'auto alla rottamazione della stessa sono le agevolazioni e gli incentivi che lo stato offre, cosa che attualmente non è prevista nel settore nautico. Addirittura non solo ti viene scontato il prezzo del nuovo, ma ti viene ritirata l'auto usata senza che tu debba prenderti l'onere di demolirla.

Solamente nel 2020 è stato approvato un emendamento al decreto rilancio che aumenta il Fondo per l'acquisto di autoveicoli a basse emissioni di 200 milioni di euro per il 2020 e di 50 milioni per il 2021. Grazie a questo Fondo è possibile ottenere uno sconto fino a 4mila euro sull'acquisto di una vettura nuova euro 6 entro fine 2020, che scende a 2.000 euro nel 2021. Unico requisito? La rottamazione di un veicolo usato con almeno 10 anni.

Inoltre l'aspetto interessante dell'emendamento che porta ad una facilitazione anche nella compravendita dell'usato, è la possibilità di ricevere un contributo anche per l'acquisto di auto usate (almeno euro 5) a fronte della rottamazione di un'auto euro 0, 1, 2, 3. Il bonus prevede che l'acquirente sia esentato dal pagamento degli oneri fiscali sul trasferimento di proprietà dell'auto che acquista.

Il costo di demolizione di un'auto può mantenersi così basso poiché l'azienda incaricata, al termine del processo di demolizione, rivende i materiali perfettamente separati rientrando così nelle spese.

Grazie alle normative previste in merito ai materiali da utilizzare in fase di costruzione, la demolizione è molto più rapida e può avere un alto grado di automazione, fornendo percentuali di recupero altissime.

In Italia il modus operandi degli impianti di trattamento VFU (Veicoli fuori Uso) è regolato dal D.Lgs. n. 209/2003 "Attuazione della direttiva 2000/53/CE".

Secondo quanto stabilito dal decreto, entro il 1° gennaio 2015 gli Stati Membri della Comunità Europea avevano l'obbligo di raggiungere una percentuale di riutilizzo del 95% del peso delle autovetture.

In particolare di questo 95%:

- l'85% va riciclato o riusato;
- il 10% è destinato al recupero energetico (inceneritore);
- il 5% è la percentuale massima tollerata di Car-Fluff, ovvero la frazione leggera non separabile, e non riciclabile e quindi destinati alla discarica. Solitamente appartengono a questa percentuale parti di imbottiture, alcuni rivestimenti e guarnizioni particolari. Talvolta viene denominata anche ASR, Automotive Shredder Residue.

Analizziamo ora quali sono le fasi di demolizione di un'automobile (Fig. 01):

1. Presa in carico
2. Messa in sicurezza e bonifica
3. Demolizione
4. Compattazione
5. Frantumazione
6. Recupero frazione metallica
7. Gestione del Car-Fluff



Fig. 01

1. Presa in carico

La presa in carico è banalmente la prima procedura amministrativa-burocratica in cui il veicolo viene consegnato all'azienda demolitrice da parte del proprietario o del concessionario. In questo contesto viene registrata la presa in carico con successiva emissione del certificato di rottamazione. (Fig. 02)



Fig. 02

2. Messa in sicurezza e bonifica

In questa fase il veicolo viene caricato su un carro ponte e collegato agli impianti di aspirazione dell'isola di bonifica che, grazie ad un sistema di pompaggio estrattivo, spostano i liquidi pericolosi dall'auto alle cisterne stagne di stoccaggio. (Fig. 03)



Fig. 03

I liquidi in questione sono:

- gli oli contenuti nel cambio, nel motore, nella trasmissione, nel circuito frenante e nei vari circuiti idraulici. La raccolta deve avvenire separando gli oli di risulta per categorie omogenee;
- i carburanti, avendo cura di svuotare completamente i serbatoi raccogliendo i combustibili separatamente così da inviarli a riutilizzo;
- i liquidi refrigeranti, che una volta prelevati devono essere avviati a smaltimento;
- i CFC e HFC contenuti come fluidi refrigeranti nei condizionatori delle vetture, devono essere asportati tramite dispositivi aspiranti a circuito chiuso;

In questa fase vengono inoltre estratti:

- Le batterie che dopo la rimozione, se valutate reimpiegabili, vengono stoccate in un'area predisposta. In caso contrario vengono avviate allo smaltimento.
- Il filtro-olio, che deve essere già stato privato dell'olio stesso, viene depositato in un apposito contenitore. Questa procedura non viene eseguita nel caso in cui il filtro non faccia parte di un motore destinato al reimpiego;
- I contenitori di combustibili gassosi, onde evitare esplosioni durante le fasi di compattazione o frantumazione;
- Gli airbag devono essere rimossi oppure azionati, onde evitare la successiva apertura durante la compattazione o la frantumazione;

- Tutti i componenti contenenti mercurio, ovvero le lampade, gli strumenti del cruscotto e i display. Essi vengono stoccati separatamente e conferiti ad impianti autorizzati.

3. Demolizione

La demolizione deve avvenire tassativamente entro 180 giorni dalla presa in carico e, come per le unità da diporto, inizia con lo smontaggio del motore e del serbatoio che dovranno essere ulteriormente bonificati. In generale l'obiettivo di questa fase è poter suddividere i componenti per tipologia e caratteristiche tenendo in considerazione la destinazione finale. Per questo motivo vengono rimossi dal veicolo sia i pezzi che possono essere riutilizzati direttamente come ricambi usati (motore e parti di ricambio), sia i materiali opportunamente separati da avviare al recupero e/o riciclaggio (plastiche, vetro, pneumatici, ecc.). (Fig. 04)



Fig. 04

Proseguono poi le operazioni di:

- Smontaggio delle varie macro-componenti del veicolo;
- Rimozione, separazione e deposito selettivo dei materiali e dei componenti pericolosi derivanti dai circuiti oleodinamici e dell'iniezione, in modo da non contaminare i materiali residui dopo la frantumazione;
- Smontaggio e deposito dei pezzi di ricambio commercializzabili;
- Asportazione del catalizzatore, avendo cura di evitare la fuoriuscita di materiali al suo interno per non contaminare il suolo e al tempo stesso garantire la sicurezza degli operatori;
- Nel caso in cui non sia prevista la separazione post frantumazione, si procede alla rimozione manuale dei componenti metallici contenenti rame, alluminio e magnesio;
- Nel caso in cui non sia prevista la separazione post frantumazione, si procede alla rimozione dei pneumatici, in modo tale da poterli spedire ad impianti atti al loro riciclo;
- Nel caso in cui non sia prevista la separazione post frantumazione, vengono rimosse le macro-componenti in plastica, come il paraurti, il cruscotto e serbatoi contenitori di liquidi, in modo da poterli rivendere come materiali di riciclo;
- Smontaggio dei componenti in vetro.

4. Compattazione

La compattazione è un processo per la quale la carcassa rimasta viene ridotta di volume attraverso lo schiacciamento in una pressa oleodinamica. Il risultato della compattazione è un cubo semplice da trasportare e da stoccare. (Fig. 05) Questo processo è indispensabile nel caso in cui il veicolo sia destinato alla discarica, mentre non è obbligatorio, anche se consigliato, se si passa alla successiva fase di frantumazione.



Fig. 05

5. Frantumazione

A questo punto se la carcassa non è destinata alla discarica, viene inviata all'impianto di frantumazione. Qui viene macinata in un mulino a martelli in granuli di dimensione omogenea; (Fig. 06)

quest'ultimi poi vengono suddivisi attraverso le successive fasi di vagliatura, separazione magnetica,



Fig. 06

separazione elettrostatica e separazione densimetrica. L'obiettivo principale è il recupero della frazione metallica così da poterla vendere alle acciaierie che con gli impianti atti alla fusione possono reimmetterla sul mercato come materia prima seconda. Ragionando su un peso medio di 1,1 tonnellata, solitamente si riescono a recuperare circa 700/800 kg di metalli ferrosi e 60-80 kg di metalli non ferrose. La restante parte è il cosiddetto Car-Fluff, ovvero la frazione leggera (circa il 15-20%).

6. Gestione del Car-Fluff

La corretta gestione del Car-Fluff è fondamentale per poter raggiungere gli standard qualitativi richiesti. Infatti, all'uscita dalla frantumazione, rappresenta circa il 15-20% del peso iniziale del veicolo, un peso troppo elevato per rispettare l'obiettivo di recupero imposto al 95% del peso medio del veicolo.

Il Car-Fluff, o ASR, è una miscela di residui molto eterogenea, in cui sono presenti sia materiali organici (materie plastiche, gomma, gomma-piuma, tessuti, fibre ecc.) che inorganici (per lo più metalli, ma anche vetri, inerti ecc.). Inoltre è considerato un rifiuto pericoloso per la possibile presenza di contaminanti come idrocarburi e PCB.

Nonostante il limite di 5% di residuo non separato, in Italia attualmente non siamo ancora in grado di gestire il Car-Fluff, che viene quindi inviato in discarica. A seconda del grado di pericolosità stimato della

¹CER: i codici CER sono delle sequenze numeriche, composte da 6 cifre riunite in coppie utili ad identificare un rifiuto. Solitamente la classificazione tiene conto della composizione e del processo produttivo da cui è originato il rifiuto.

²CER 191004: frazioni leggere di frammentazione - light fluff- e polveri.

³CER 191003: frazioni leggere di frammentazione - light fluff- e polveri, contenenti sostanze pericolose.

sua composizione, viene classificato con differenti codici CER¹(Catalogo Europeo Rifiuti) e può essere inviato in discariche per rifiuti speciali con codice CER 191004² oppure in discariche per rifiuti speciali pericolosi con codice CER 191003³.

Secondo uno studio basato su dati Eurostat aggiornati al 2015, è possibile vedere come in Italia le tonnellate di Car-Fluff prodotte annualmente siano lentamente diminuite, salvo qualche oscillazione. Inoltre è visibile come di anno in anno siano stati effettuati tentativi di incenerimento per recupero di energia oppure si siano sperimentati metodi di riciclo. (Fig. 07)

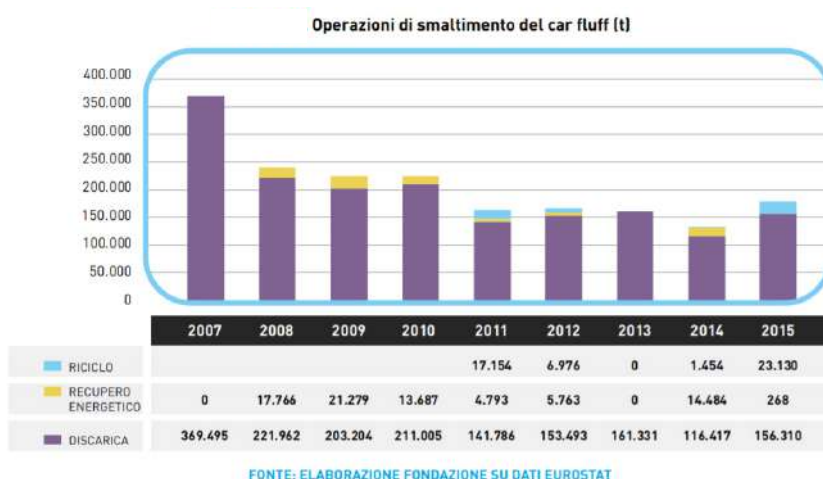


Fig. 07

Di fatto in Italia sono presenti pochi impianti autorizzati al recupero energetico per termovalorizzazione del Car-Fluff e per di più a costi non competitivi rispetto alla discarica. Inoltre in territorio nazionale non c'è stato al momento un avanzamento tecnologico tale da incrementare le percentuali di riciclato nel Car-Fluff.

All'interno del documento "Veicoli a fine vita e recupero del Car-Fluff" redatto dalla Sustainable Development Foundation in collaborazione con AIRA (Associazione Industriale Riciclatori Auto) si legge:

"[...] Per aumentare la quota del riciclo sarebbe necessaria una migliore vigilanza sulle operazioni di trattamento e demolizione. Accade, infatti, che a causa dei costi da sostenere e dal basso contributo economico offerto dai produttori, i demolitori non procedano correttamente alle operazioni di smontaggio di parti riciclabili, finendo così queste negli impianti di frantumazione, contaminando la purezza del materiale da frantumare e aumentando la quantità di car fluff."

Risulta chiaro che, come nel parallelo settore nautico, una maggior percentuale di scarto è spesso indice di una separazione scorretta, grossolana.

5.2.2

Casi Studio: tecnologie post frantumazione per la valorizzazione del Car-Fluff

Negli ultimi anni l'Italia e gli altri paesi membri dell'Unione Europea sono stati messi alla prova nella sperimentazione di nuove possibili tecnologie per la gestione del Car-Fluff, specialmente per la riduzione della frazione di Fluff leggero destinata allo smaltimento.

L'eterogeneità presente nel Fluff (densità, umidità, presenza di sostanze pericolose, materiali non separati) deriva da variabili quali il tipo di veicolo triturato o l'anno di produzione, ma soprattutto dalle operazioni di demolizione manuali a cui è stato sottoposto il veicolo antecedentemente alla frantumazione. La grande maggioranza delle sperimentazioni di nuove tecnologie post frantumazione sono rivolte all'estrazione del fluff pesante, principalmente composto da metalli ancora presenti; di seguito vengono riportate alcune delle tecnologie più significative attualmente in sperimentazione in alcuni stati europei.

• GRUPPO FIORI

Cominciando nel panorama nazionale, il Gruppo Fiori si occupa del riciclo di metalli ferrosi e non ferrosi, accumulatori al piombo, imballaggi in acciaio e scarti industriali; tra i punti di forza di quest'azienda spicca il fatto che si occupa dell'intera filiera, cominciando dalla raccolta del rifiuto e proseguendo alla separazione, al riciclo e alla fornitura di materia prima seconda metallica di alta qualità.

Il Gruppo Fiori ha affinato un impianto che permette di trattare il Fluff in due fasi distinte: nella prima vengono estratti i metalli non ferrosi tramite correnti indotte tra cui alluminio, rame e sue leghe, mentre nella seconda avviene una seconda separazione di ulteriori piccole percentuali metalliche presenti nei cavetti elettrici, lasciando la frazione leggera di risulta sostanzialmente senza metalli.

Il Fluff residuo prodotto è composto esclusivamente da plastiche pulite con un alto potere calorifico adatto alla termovalorizzazione. Tale pulizia è ottenuta solamente grazie ai passaggi ripetuti più volte in entrambe le fasi, che in base alle informazioni fornite dal Gruppo Fiori, producono 24 flussi differenziati. Il volume di Car-Fluff destinato alla discarica ottenuto da questo processo viene ridotto del 5% rispetto alla media, recuperando il ferro e l'alluminio ancora presenti nel macinato post frantumazione.

In accordo con le specifiche del Regolamento UE n°333/2011 inoltre è presente una sezione dedicata alla raffinazione dell'alluminio di alta qualità che gli consente di ri-commercializzarlo liberamente uscendo dalla classificazione di rifiuto.

Nel 2013 sono stati inviati i campioni di Car-Fluff ottenuti presso il laboratorio di analisi MBA Polymers con l'obiettivo di determinarne la composizione. Il fine era capire se potesse aver senso procedere ad un'ulteriore separazione e recupero delle materie plastiche d'interesse presenti.

Il risultato è stato poco soddisfacente poiché sia nel Light Fluff che nell'Heavy Fluff le percentuali di Target Plastics¹ erano drasticamente sotto al 70%, limite minimo sotto al quale risulta sconsigliato procedere ad ulteriore separazione; in particolare nel Light Fluff finale vi era presente solo il 27,6% di target Plastics,

¹ Target Plastics: All'interno di un composto formato da una miscela di più materie plastiche, ve ne sono alcune potenzialmente riciclabili (PE, PP, ABS, PS) mentre altre di cui il recupero non porta a gradi di riciclo soddisfacenti e prendono il nome di "Non-Target Plastics".

mentre nell’Heavy Fluff la percentuale era di 18,4%. (Fig. 08)

Composizione del fluff prodotto dal Gruppo Fiori		
MATERIALI	LIGHT FLUFF	HEAVY FLUFF
Plastica (PP, PE, ABS and PS)	27,6%	18,4%
Altre Plastiche	39,8%	45,4%
Gomma	18,7%	15,8%
Metalli, cavetti, fili	3,1%	1,3%
Legno	2,5%	3,2%
schiuma/Fluff	7,2%	4,1%
Altro (pietre, vetro, altro)	0,8%	9,6%
Fini (<3 mm)	0,3%	2,2%

FONTE: GRUPPO FIORI

Fig. 08

• SCHOLZ

Questa tecnologia si è sviluppata nei paesi centrali dell’Europa con fulcro in Germania. Di base è nata come l’implementato un impianto di frantumazione già esistente, posto ad Espenhain, sviluppando successivi moduli alternativi per il trattamento del Fluff. Da questa filiera di separazione post triturazione si ottengono tre differenti frazioni in uscita: rottami metallici, Fluff ad alta densità e Fluff a bassa densità. Da quando l’impianto modificato è entrato in funzione sono state trattate 250.000 tonnellate di materiale, così suddiviso nelle tre frazioni di uscita:

- 72% di rottami metallici
- 12% di fluff alta densità
- 16% di fluff a bassa densità

La percentuale metallica viene venduta all’industria metallurgica, si prosegue invece ad un’ulteriore separazione per le due frazioni di Fluff.

Il trattamento della frazione ad alta densità prevede l’utilizzo di una vagliatrice che separa il composto in quattro categorie a seconda della dimensione:

- < 20 mm
- 20- 65 mm
- 65-100 mm
- >100 mm

Quest'ultima frazione, le cui componenti hanno dimensioni maggiori di 100 mm, viene sottoposta ad un'ultima separazione manuale; al contrario le tre categorie più piccole subiscono una separazione a corrente indotta mirata a recuperare ulteriori frammenti metallici rimasti.

Anche il Fluff a bassa densità viene sottoposto ad un processo ulteriore di separazione per vagliatura. (Fig. 09)



Fig. 09

• GALLOO

Sempre in Europa si è sviluppata una delle aziende leader del riciclaggio dei metalli, sia ferrosi che non ferrosi: Galloo è una società attiva dalla prima metà del secolo scorso e gestisce diversi impianti tra la Francia del nord e il Belgio. In particolare ha messo a punto un processo industriale per riciclare rottami provenienti dalla frantumazione di beni di consumo seguendo un metodo detto LTRB¹ (Linea per il trattamento dei residui di macinazione).

Questo processo prosegue con una seconda frantumazione più fine del Fluff con una successiva separazione in quattro frazioni:

1. **Pesante AFSR** (Combustibile alternativo dal residuo di frantumazione): la maggior parte dei componenti di questa frazione sono in gomma e legno. Questo residuo viene sottoposto a valorizzazione termica nell'industria cementizia.
2. **Frazione inerte**: questa frazione viene inviata ad aziende per la costruzione di strade, miscelata in pasta di asfalto.
3. **Frazione sintetica**: tra i punti di forza dell'azienda è proprio la fase chiamata Galloo-Plastics, in cui viene trattata la frazione sintetica. Il risultato del processo Galloo-Plastics è un granulato (PP, PE e PS) che viene rivenduto direttamente ai produttori di componenti plastiche².
4. **Frazione di metalli non ferrosi mischiati a rocce, fili di rame, frazione residua (40%)**: questa frazione viene ulteriormente lavorata in un processo chiamato Galloo Menen, ovvero una separazione per flottazione grazie alla

¹ LTRB: in questo processo l'azienda Galloo è in grado di trattare prodotti di frantumazione sia di beni di consumo (automobili, merci bianche, merci marroni) che rottami provenienti dalle industrie.

² Galloo-Plastics: Il 60% delle plastiche risultanti da questo processo viene venduto proprio all'industria automobilistica per la produzione di componenti plastiche.

5.2.3 Responsabilità Estesa del Produttore

quale è possibile estrarre i metalli non ferrosi dalla componente di rocce e la frazione residua.

azione di metalli non ferrosi mischiati a rocce, fili di rame, frazione residua (40%):

questa frazione viene ulteriormente lavorata in un processo chiamato Galloo Menen, ovvero una separazione per flottazione grazie alla quale è possibile estrarre i metalli non ferrosi dalla componente di rocce e la frazione residua.

In merito alla direttiva 2000/53/CE ed al decreto legislativo n. 209 del 2003, attraverso il quale tale direttiva è stata recepita nell'ordinamento giuridico italiano, abbiamo già introdotto il concetto dell'EPR (Responsabilità Estesa del Produttore) valida nel campo dei rifiuti in generale, tra cui anche quelli nautici. Nel decreto legislativo vi è poi una sezione specifica dedicata ai veicoli fuori uso, i cui punti di interesse per questa ricerca possono così riassumersi:

- *L'obbligo di raggiungere obiettivi minimi di riciclaggio e di recupero dei veicoli fuori uso (entro il 1° gennaio 2006 almeno il reimpiego/recupero dell'85 % del peso medio per veicolo e il reimpiego/riciclaggio di almeno l'80 % del peso medio per veicolo; valori che al 1° gennaio 2015 salgono rispettivamente al 95% e 85%);*
- *La promozione di misure di prevenzione dei rifiuti;*
- *L'obbligo di informare i consumatori sul corretto comportamento da seguire per assicurare la corretta gestione dei rifiuti derivanti dai veicoli fuori uso;*
- *l'imputazione della responsabilità estesa in capo ai produttori dei veicoli e dei componenti per raggiungere tali obiettivi, per realizzare sistemi di raccolta dei veicoli fuori uso, per informare i consumatori in merito alle modalità di raccolta di tali rifiuti, nonché per assicurare che tali veicoli vengano sottoposti ad un trattamento idoneo;*
- *Per il perseguimento di tali compiti i produttori debbono collaborare con i cosiddetti "operatori economici", nei quali ricadono coloro che pur non essendo produttori si trovano professionalmente ad "intercettare" i veicoli fuori uso come ad esempio i concessionari, le compagnie di assicurazione, gli operatori della gestione dei rifiuti derivati dai veicoli fuori uso.*

Di fondamentale importanza in relazione a quanto sostenuto fino ad ora vi è poi il l'obbligo imposto alla parte pubblica, quindi alla legislazione dei singoli stati, a incentivare i produttori affinché:

- *riducano l'utilizzo di sostanze pericolose;*
- *progettino e producano veicoli i cui componenti o materiali siano più facilmente reimpiegabili e/o riciclabili;*
- *reimpieghino i componenti e i materiali recuperati, anche al fine di sviluppare il mercato dei materiali riciclati.*

Inizia quindi a farsi strada anche nell'automotive l'intuizione da parte del potere

legislativo che, per un corretto ed efficace smaltimento a fine vita, è opportuno investire nella ricerca lungo tutto LCA dell'oggetto auto, compresa la filiera di progettazione-costruzione. Per questo motivo i veicoli, composti ciascuno da non più di una decina di materiali, sono studiati in macro-blocchi facilmente disassemblabili, sia in ottica di eventuali sostituzioni che di una demolizione più controllata a fine vita.

Inoltre un secondo aspetto importante è la standardizzazione delle tecniche costruttive: possono cambiare le geometrie, la qualità dei materiali e le tecnologie installate, ma i sistemi di giunzione tra le componenti sono uniformate secondo standard costruttivi validi per ciascuna casa costruttrice.

Pensando banalmente all'esempio dei parabrezza, ogni produttore automobilistico ragiona sui propri parametri in termini di qualità, spessore, trasparenza, circuiti antiappannanti e colore, ma il processo costruttivo è uniforme per ognuno. A prescindere dalla forma, si tratterà sempre di cristalli laminati con PVB successivamente serigrafati ed incollati con un adesivo poliuretanico. (Fig. 10)



Fig. 10

Successivamente viene inserita una modanatura, una guarnizione siliconica perimetrale (interna o esterna) che ripari la giunzione dalla possibile infiltrazione di acqua. (Figg. 11, 12)



Fig. 11

Questi elementi non hanno bisogno di viti bensì vengono pressati nella scanalatura tra il montante ed il parabrezza; talvolta sono dotati di una pellicola adesiva poliuretanica che li aiuti a mantenersi in posizione. L'unica diversità che può caratterizzare un veicolo da un altro sta nel fatto che alcune case automobilistiche più curanti dell'estetica talvolta installano una successiva modanatura plastica/cromata per nascondere la flangia di incollaggio. Queste componenti aggiuntive vengono comunque incastrate, senza quindi avere necessità di viti e bulloni, facilitandone lo smontaggio.



Fig. 12

La standardizzazione di queste giunzioni di certo non vincola i progettisti nella ricerca di forme ed effetti desiderati, come non causa problemi ai costruttori che anzi possono contare su un metodo globalmente accettato ed uniformato. Il processo inoltre rende molto più semplice la reperibilità di ricambi sia nuovi che usati, a favore sicuramente del consumatore, ma anche del veicolo stesso che potrà quindi essere prontamente aggiornato/aggiustato senza subire danni o compromissioni, facilitando i lavori anche alle officine non specializzati dalle

case madri. Anzi, proprio prendendo i parabrezza come esempio, è ormai noto come sempre più stiano nascendo centri addetti ad una rapida sostituzione ed invio a riciclo del cristallo smontato. La soluzione di uniformare le giunzioni permette quindi di creare centri di manutenzione specializzati in specifici settori senza il vincolo della casa costruttrice.

5.3 Possibilità di introdurre nella nautica logiche progettuali funzionali allo smaltimento

A livello di numeri chiaramente la nautica da diporto non può competere con la potenza economica del settore dell'automotive. Solamente nel 2020, anno in cui come ogni settore anche l'industria automobilistica ha risentito degli effetti devastanti del Covid-19 con il 26% in meno di auto vendute rispetto all'anno precedente, sono stata vendute a livello globale 17.420.000 veicoli nuovi. Per avere un termine di paragone basta confrontare 17 milioni di auto vendute nell'anno in cui se ne sono vendute quasi un quarto in meno rispetto al solito, contro le poco più di 32 milioni di unità da diporto esistenti.

Ciononostante le strategie costruttive di controllo del numero di materiali, del numero di componenti e della tipologia di giunzioni presenti nell'automotive dovrebbero essere uno spunto di ragionamento per progettisti e costruttori di unità da diporto, con vantaggi nell'ottica dell'intero ciclo di vita di una barca.

Considerando il Life Cycle Assessment è possibile valutare ed interpretare l'impatto ambientale di un qualsiasi bene, unità da diporto comprese, durante il suo intero ciclo di vita.

Per fare ciò è quindi necessario considerare:

1. l'estrazione e il trattamento delle materie prime
2. la fabbricazione
3. il trasporto
4. la distribuzione
5. l'uso, il riuso, il riciclo
6. lo smaltimento finale.

Il calcolo dell'impatto di ogni fase è regolamentato dalle normative ISO della serie 14040, ed in particolare dalla:

- UNI EN ISO 14040 (2006) *Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento.*
- UNI EN ISO 14044 (2018) *Valutazione del ciclo di vita, Requisiti e Linee guida.*

Ragionando schematicamente in merito alle sei voci precedenti, per l'oggetto barca i punti 3.*Trasporto* 4.*Distribuzione* sono gli unici processi realmente standardizzati che non influiscono sul fine vita dell'oggetto barca.

L'unica eventuale correlazione significativa potrebbe essere tra il punto 4.*Distribuzione* e il punto 5.*Uso, riuso, riciclo* poiché, se nella distribuzione non vi è un corretto passaggio di materiale informativo sul funzionamento dell'unità, l'uso effettivo rischierebbe di non rispecchiare il corretto uso di progetto.

Per meglio spiegare con un esempio pratico, un'auto nuova viene sempre consegnata con un libretto di uso e manutenzione dettagliato, spesso in più lingue e chiaramente illustrato; per le unità da diporto non è così. Infatti la costruzione di unità da diporto, ancora molto artigianale, non documenta ogni singolo passaggio e per questo l'armatore non conosce la maggior parte degli elementi che la compongono, salvo che per particolare interesse personale. Per di più un'imbarcazione, specie se di grandi dimensioni, diventa un contenitore riempito di componenti provenienti da fornitori terzi, rendendo complessa la creazione di una mappa funzionale completa e uniformata.

Ad esempio potremmo avere a bordo il libretto di uso e manutenzione del motore e del piede poppiere, ma non del boiler; Il fornitore di un dissalatore ci fornirà il suo libretto di uso e manutenzione graficamente e magari in lingua differente dal fornitore dell'elica di prua e così via. In ultimo lo schema tecnico della barca potrebbe raffigurare un layout standard, non rispecchiante esattamente il modello su cui è imbarcato. Ragionando sulla quantità di elementi possibili presenti a bordo questo esempio, seppur banale, rende l'idea della potenziale confusione che può crearsi in un armatore. Aggiungendo una possibile dose di inesperienza alla già presente confusione di utilizzo e manutenzione, non è difficile immaginare possibili danni più o meno gravi che potrebbero compromettere l'unità parzialmente o in toto, svalORIZZANDO le possibilità di rivendita e quindi di riuso, o di riciclo.

Per quanto riguarda il punto 6.*Smaltimento*, abbiamo già analizzato le fasi più critiche nel capitolo precedente, sottolineando come il poco controllo di certe fasi di separazione influisca negativamente sulle percentuali di riciclo finale.

Le prime vere criticità da cui sono dipese le difficoltà di smaltimento si incontrano alla voce 1.*Estrazione e trattamento delle materie prime* poiché la mancanza di regolamenti e normative stringenti non limita progettisti e cantieri nello sperimentare continuamente nuovi materiali e nuove miscele di componenti o di tecniche costruttive. L'unico vincolo reale che può influire su alcune scelte è il controllo (richiesto solo da alcune bandiere) del carico d'incendio dei vari ambienti, ovvero un calcolo sull'infiammabilità dei singoli materiali presenti in proporzione alla quantità di utilizzo. In realtà su unità da diporto sotto i 24 metri non è un requisito di progetto, salvo per le immatricolazioni effettuate come unità destinate al charter.

A prescindere dalla destinazione d'uso dell'unità, i vincoli normativi incidono sulle percentuali di presenza di alcuni materiali e non sulla loro effettiva presenza o meno a bordo. In conclusione quindi è verosimile credere che a bordo di un'unità da diporto, in quantità variabile, sia presente una buona parte dei materiali elencati nel capitolo 3.

Per questo motivo diventa fondamentale il punto 2. *Fabbricazione*, intesa in questa sede come ideazione-progetto-costruzione.

Con l'obiettivo di alzare le percentuali di riciclo delle unità da diporto è opportuno che queste tre fasi si compenetrino con la coscienza delle reali difficoltà del punto 6. *Smaltimento finale*.

Una grande risorsa che dovrebbe essere presente sin dalle fasi embrionali della progettazione di un'unità da diporto è la possibilità di poter fare affidamento su consulenti specializzati in semplificazione delle componenti o almeno sull'utilizzo appositi software per il calcolo delle fasi costruttive. La convinzione è che l'implemento dei progetti con logiche progettuali e costruttive derivate dal DFMA¹ gioverebbe sia ai costi che alla semplicità di produzione iniziale che manutenzione, ma soprattutto verrebbe incontro alle fasi di smontaggio e separazione in demolizione.

Possiamo quindi definire due livelli chiave attraverso cui dovrebbe passare un qualsiasi progetto di unità da diporto:

- **DFM - Design For Manufacturing:** è una tecnica atta alla semplificazione massima delle componenti attraverso la scelta del miglior processo di fabbricazione, di materiale ottimale e dell'attrezzatura migliore per fabbricare il prodotto.
- **DFA – Design for Assembly:** è una tecnica atta a semplificare l'assemblaggio di un prodotto, riducendo il numero totale dei componenti, i tempi di opera ed il numero e la complessità delle operazioni di assemblaggio.

Dall'integrazione del DFM e del DFA ne deriva quindi un processo di progettazione che prende in considerazione la semplicità della fabbricazione delle varie componenti integrata al miglioramento del loro assemblaggio, per un prodotto finale più gestibile nel corso dell'intero LCA.

Alla luce delle problematiche di separazione emerse, il progetto di un'unità da diporto non può più solo concernere gli aspetti del design ed ingegneria da un punto di vista nautico, bensì deve tenere anche conto dei relativi componenti e di come essi sono stati assemblati. Ed è proprio attorno al concetto di assemblaggio di porzioni a loro volta assemblate che ruotano le teorie di Boothroyd e Dewhurst, i pionieri del metodo DFMA: l'obiettivo di un progettista dovrebbe essere la semplificazione al "minimo numero teorico di componenti", con tutti i vantaggi ormai chiari.

La scelta se mantenere ogni singolo elemento può essere valida solo in risposta affermativa ad almeno una delle seguenti domande, in caso contrario diventa un candidato all'eliminazione:

- Il componente è necessario ai fini della funzionalità del prodotto finale?
- Il componente ha un moto relativo rispetto agli altri componenti?
- Il componente deve essere obbligatoriamente di materiale diverso rispetto agli altri?
- Il componente è necessario all'assistenza del prodotto?
- Il componente è necessario allo smontaggio del prodotto?

¹ SKU: acronimo di Stock Keeping Unit. Il codice SKU è il numero univoco utilizzato dalle aziende per tracciare l'inventario. Si tratta di una sequenza di caratteri alfanumerici, normalmente riferiti ai principali dettagli di prodotto.

Tra i vari vantaggi del ridurre il numero finale degli elementi che compongono un prodotto ad esempio c'è un minor numero di SKU¹ (codice identificativo del prodotto) da gestire tra magazzini e fornitori, con un notevole vantaggio logistico/organizzativo. Inoltre da un punto di vista pratico è necessario un numero minore di disegni esecutivi, rischiando anche meno problemi di tolleranza nell'affiancare le componenti, meno linee produttive (e quindi meno manodopera per l'assemblaggio), un minor numero di attrezzi da lavoro, sistemi di fissaggio, e così via.

Le teorie del DFMA nascono per il progetto di componenti meccaniche ma successivamente si sono ampliate alla gestione e all'organizzazione di aziende, industrie e società, spaziando trasversalmente in campi eterogenei tra loro; non tutte le buone abitudini consigliate perciò possono essere importate nel mondo della costruzione nautica. Per questo motivo, sulla base delle problematiche apprese nell'osservazione delle fasi di separazione e smaltimento delle unità da diporto, è stata fatta una cernita delle voci reputate potenzialmente utili all'implemento delle fasi di progetto di natanti ed imbarcazioni da diporto:

- progettare le varie fasi di assemblaggio "dall'alto verso il basso" (ovvero sfruttando il fattore gravità) e in strati successivi;
- progettare pezzi auto-posizionanti e auto-allineanti;
- se possibile, progettare i pezzi simmetrici; se la simmetria non è possibile, rendere ovvio l'orientamento;
- fare in modo che i pezzi a contatto vadano ad incastrarsi;
- evitare, per quanto possibile, il coinvolgimento di parti difficili da maneggiare: pezzi troppo piccoli, fragili, taglienti ecc.;
- non progettare parti utili solamente a tenere assieme altri pezzi: le componenti, quando possibile, dovrebbero "fondersi" insieme per evitare un esubero di materiali e giunzioni;
- evitare aggiustamenti che servono solo a coprire difetti ma pensare ad una strategia per evitarli in partenza.
- Uniformare le giunzioni (standard di viteria)

Inoltre il DFMA fornisce software di affiancamento alla progettazione tridimensionale con cui creare fogli di calcolo che valutano nel dettaglio l'efficienza di assemblaggio delle componenti progettate. All'interno del calcolatore è possibile impostare differenti parametri da tenere in considerazione, tra cui i più importanti nel settore nautico sono forma, movimentazione e inserimento. Un'altra funzione fondamentale è il calcolo del tempo necessario all'assemblaggio, insieme ai costi associati a tale operazione (attrezzature e manodopera).

5.3.2 DFR e DFD: progettare lo smaltimento

Dal DFMA è possibile fare un ulteriore passo avanti verso una separazione più controllata procedendo alla previsione e alla progettazione del fine vita dei prodotti, obiettivo centrale del Design For Recycling. Questa strategia nasce allo scopo di rendere completamente riciclabili gli imballaggi nel settore alimentare, definendo con il marchio DFR i prodotti che garantiscono il 100% di riciclabilità. Infatti solo se un prodotto è pensato per essere suddiviso in componenti privi di materiali non compatibili tra loro, può essere realmente riciclato ad alto livello. Ad esempio rientrano in questa categoria tutte le bottiglie per bevande in PET, come anche tutte le bottiglie di plastica, mentre attualmente non tutti gli imballaggi in materiale sintetico possono vantare il marchio DFR.

Il concetto chiave è uno: le giunzioni tra materiali non compatibili devono essere semplificate al massimo, così da distaccarli rapidamente per un riciclo più rapido ed efficace.

La diretta trasformazione dal DFR degli imballaggi alla versione adatta al prodotto industriale esiste, ed è il DFD, ovvero il Design for Disassembly. I principi chiave derivano dal Design For Assembly ma, se nel DFA l'obiettivo era la semplificazione della giunzione a favore di tempi e costi di fabbricazione e i vantaggi nella separazione erano solamente un riflesso, il DFD al contrario focalizza l'attenzione di progetto sullo smontaggio.

5.4 Conclusioni

5.4.1 L'eco-sostenibilità non è uno Status- Symbol

A questo punto non resta che chiedersi se sarà possibile trasformare un settore così legato alla tradizione e al savoir-faire nonostante non vi siano presenti attualmente normative che lo impongano o almeno incentivino alla ricerca e al miglioramento.

I prodotti della piccola e media nautica restano a tutti gli effetti beni di lusso, prodotti certamente non indispensabili alla vita di tutti i giorni. Questo fattore, seppur scontato, rende di fatto una qualsiasi barca ben lontana da potersi considerare un prodotto ecosostenibile, poiché gli obiettivi di progetto sono sempre stati le performance e l'estetica. La consapevolezza di essere costruttori di un bene di per sé "frivolo" sfortunatamente fa sì che cantieri e progettisti spesso si autogiustificano, o peggio spaccino per ecosostenibili unità che di ecosostenibile hanno ben poco.

Ad esempio nell'ultimo decennio abbiamo assistito al boom dei pannelli solari installati a bordo, con un'evoluzione tecnologia alle spalle davvero notevole che ha fatto sì che i pannelli da rigidi diventassero prima flessibili e poi trasparenti, così da trasformarsi da elemento tecnico a segno estetico distintivo. La provocazione quindi vuole essere la seguente:

un pannello solare che contribuisce in minima parte al mantenimento della carica degli accumulatori a bordo è sufficiente a motivare la scelta di avere componenti aggiuntive, materiali aggiuntivi da smaltire, tempi di smontaggio maggiori, costi di acquisto e di mantenimento superiori, ecc. ecc.?

Questo non vuol dire che installare sistemi green di recupero e autoproduzione di energia elettrica sia scorretto, anzi; è però opportuno iniziare a ragionare sull'impatto che certe scelte possono avere non solo nel corso dell'utilizzo

dell'unità, ma nell'intero ciclo di vita.

Restando in tema dei pannelli solari, presi solamente come capro espiatorio, è doveroso sottolineare che un progetto che mira alla sostenibilità ambientale dovrebbe farne uso per poter diminuire la richiesta di corrente ai generatori endotermici e non solo per aggiungere una fonte di accumulo in più che permetta di installare qualche altro optional e/o gadget (altri materiali, altre componenti) che senza pannello solare graverebbero troppo sul bilancio elettrico complessivo.

Questo discorso, ovviamente estremizzato, porta a vedere nei mari unità cariche di pannelli solari ben in vista e con una serie di accumulatori dedicati nello scafo che, a pensarci bene, forse daranno una sensazione di green dall'esterno, ma di green in funzione dello smaltimento hanno davvero poco. D'altro canto sono a tutti gli effetti dei simboli visibili e riconoscibili dall'esterno a cui il mercato deve lentamente abituarsi, ma è importante che, oltre al simbolo, accresca la sensibilità collettiva ed una capacità critica di riconoscere cosa è realmente ecosostenibile e cosa invece è solo status-symbol. Un noto costruttore di unità da diporto di lunghezza superiore ai 24 metri, quindi apparentemente fuori contesto in questa ricerca, ha però rivelato sarcasticamente una grande verità; durante un'intervista in occasione dell'ultima barca varata, vantata a livello di marketing come uno yacht dall'anima green, alla domanda di una giornalista su cosa pensasse della relazione tra eco-sostenibilità e yachting ha risposto: "Cristoforo Colombo è andato in America con tre barche e senza benzina, la mia barca dall'anima green ci va con 40.000 litri di nafta. Penso che attualmente la relazione tra eco-sostenibilità e yachting sia un buon modo di vendere le barche".

Questa risposta, può far sorridere e spaventare allo stesso tempo.

Chiaramente il discorso sull'inquinamento atmosferico, pur essendo un argomento di estrema attualità, non è focus del presente ragionamento, nonostante chiaramente giochi un ruolo fondamentale nel calcolo dell'LCA di un'unità. Ciò detto, fortunatamente nei saloni e sulle riviste di settore compaiono sempre più spesso fornitori di soluzioni realmente eco-sostenibili, principalmente funzionali da un punto di vista delle emissioni, ma anche della pulizia e del filtraggio degli scarichi, della depurazione e riciclo dell'acqua, strumentazioni a risparmio energetico, materiali riciclabili in sostituzione di altri più complessi da recuperare, ecc.; abbiamo inoltre citato grandi marchi che inseriscono componenti di riciclo facendone vanto, così che il green prenda un appeal sempre maggiore, allontanando la correlazione riciclato = economico/povero ma anzi l'oggetto riciclato ha un valore in più.

Questi sono solo esempi, piccoli tasselli che funzionano isolati ma che ancora si perdono nella complessità dell'oggetto barca. I progettisti di domani dovranno mescolare questi tasselli su un tavolo e capire come giuntarli per trasformarli nel cuore delle unità da diporto future, diventando non solo simbolo ma anche vettore di eco-sostenibilità.

5.4.2
Introduzione
alla parte
sperimentale –
CURARE

Solo l'informazione ed il continuo aggiornamento trasversale sui metodi di analisi delle componenti di progetto, sui nuovi materiali e le tecniche di giunzione, ma soprattutto sulle modalità di separazione e riciclo, potranno portare domani al progetto o almeno all'ideazione di quella che potrebbe essere una filiera di produzione- utilizzo – riuso – riciclo – smaltimento eco-sostenibile.

In questa fase non possiamo stabilire come sarà l'imbarcazione di domani, sappiamo però cosa non funziona in quella di oggi.

La ricerca ci ha permesso di vedere realmente la quantità di materiali presenti a bordo, sottolineando come ogni progettista ed ogni cantiere prenda scelte arbitrarie slegate dall'analisi dell'intero ciclo di vita dell'unità. Siamo consapevoli del fatto che una barca è un oggetto complesso, i cui requisiti principali devono essere la funzionalità e la sicurezza, ma è altresì vero che basandoci solo su funzionalità e sicurezza difficilmente la situazione potrà cambiare. Standardizzare la ferramenta, unificare le tipologie di giunzione, evitare le contaminazioni superflue, valutare l'abolizione di scelte puramente estetiche in funzione di questioni che vanno ben più in là della bellezza esteriore del progetto sono solo le prime considerazioni su cui un progettista dovrà ragionare già dai primi sketch ideativi e concettuali.

Il mondo si sta muovendo in più direzioni, chi sta sperimentando nuove tecnologie costruttive, chi metodi di riciclo della vetroresina, chi ancora è alla ricerca di materiali alternativi alla fibra di vetro. A prescindere da questo è chiaro che tra le difficoltà maggiori c'è la separazione dei materiali.

Inoltre, anche se da domani le unità da diporto venissero costruite con un indice di separabilità nettamente superiore, oppure con scafi in materiali 100% riciclabili, resterebbe ugualmente il dubbio su come smaltire l'intero parco nautico attualmente in disuso.

Sulla base delle informazioni ottenute nei tre anni di ricerca, la volontà è quella di provare a rispondere a questa domanda proponendo un metodo sperimentale di separazione automatica dei materiali presenti a bordo delle unità da diporto costruite fino al giorno d'oggi che sia inoltre utile a determinare la frazione residua non separabile, introducendo così per la prima volta il concetto di Boat-Fluff.

La speranza è quella di essere in grado di elencare i materiali che realmente costituiscono la frazione residua non separabile derivante dalla demolizione delle unità da diporto, dato al momento inesistente.

Sapendo quali materiali non siamo stati in grado di separare se utilizzati contemporaneamente, avremo finalmente un primo strumento che ci permetta di ragionare in fase di progetto sulle possibili alternative capaci di abbassare la percentuale di Fluff finale in relazione al dislocamento di progetto dell'unità.

06. TABELLA RIASSUNTIVA DEI MATERIALI

Materiali presenti su unità da diporto (ordine alfabetico)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
1	abete	0,420	Legno
2	abete rosso		Legno
3	acciaio AISI 1008	7,872	Metallo
4	acciaio AISI 1010		Metallo
5	acciaio AISI 304	7,930	Metallo
6	acciaio AISI 316		Metallo
7	acciaio AISI 321		Metallo
8	acciaio AISI 630	7,750	Metallo
9	acciaio al carbonio		Metallo
10	acciaio al tungsteno 3%	8,000	Metallo
11	acciaio al tungsteno 6%	8,200	Metallo
12	acciaio C45 [AISI1042]	7,844	Metallo
13	acciaio duplex F51 [AISI 2205]	7,800	Metallo
14	acciaio galvanizzato		Metallo
15	acciaio inox AISI 316		Metallo
16	acciaio laminato		Metallo
17	acciaio zincato	7,860	Metallo
18	acero	0,660	Legno
19	acetato di cellulosa	1,270	
20	acetato di cellulosa - CA	1,500	Plastiche
21	acetato propionato di cellulosa - CAP		Plastiche
22	acetato-butilato di cellulosa - CAB		Plastiche
23	acrilonitrile butadiene-stirene - ABS	1,070	Plastiche
24	adeprene		
25	alcool polivinilico - PVA	1,190	Plastiche
26	Alkyd Moulding Compound - AMC		Plastiche
27	alluminio	2,700	Metallo
28	alluminio 1090	2,800	Metallo
29	alluminio 3571		Metallo
30	alluminio anodizzato		Metallo
31	alluminio fuso		Metallo
32	alluminio laminato		Metallo
33	alluminio vetrificato		Metallo
34	alluminio anodizzato		Metallo
35	alpacca		Metallo
36	amianto		Minerale
37	aramid-kevlar tipo 49	1,400	Fibre sintetiche
38	argentana		Metallo
39	argento	10,490	Metallo
40	bachelite	1,400	Resina
41	balsa	0,160	Legno
42	berillio		Metallo
43	bosso		Legno
44	Brit		Prodotto finito
45	bronzo	8,150	Metallo
46	bronzo (8-14% stagno)		Metallo

Materiali presenti su unità da diporto (ordine alfabetico)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
97	EPDM a cellule chiuse	0,02 - 0,09	Gomme
98	ergal	2,810	Metallo
99	etilcellulosa - EC		Plastiche
100	faggio	0,730	Legno
101	Fe 510	7,800	Metallo
102	feltro animale	0,300	Fibre naturali
103	feltro sintetico	0,022	Fibre sintetiche
104	fenix NTA	1,350	Vari
105	fenix NTM	1,400	Vari
106	ferro	7,849	Metallo
107	ferro battuto	7,870	Metallo
108	ferro ST235JR		Metallo
109	ferro zincato		Metallo
110	fibre		Vari
111	fibre acriliche	1,170	Fibre sintetiche
112	fibre aramidiche - Kevlar 149	1,470	Fibre sintetiche
113	fibre aramidiche - Kevlar 29	1,440	Fibre sintetiche
114	fibre aramidiche - Kevlar 49	1,450	Fibre sintetiche
115	fibre di abaca		Fibre naturali
116	fibre di acetate	1,310	Fibre sintetiche
117	fibre di alpaca		Fibre naturali
118	fibre di angora		Fibre naturali
119	fibre di bamboo	0,800	Fibre naturali
120	fibre di canapa	1,480	Fibre naturali
121	fibre di carbonio	1,450	Fibre sintetiche
122	fibre di cloruro di vinile	1,370	Fibre sintetiche
123	fibre di cocco	0,090	Fibre naturali
124	fibre di cotone	1,550	Fibre naturali
125	fibre di cupro	1,520	Fibre sintetiche
126	fibre di dyneema		Fibre sintetiche
127	fibre di elastan (lycra)	1,100	Fibre sintetiche
128	fibre di giunco		Fibre naturali
129	fibre di iuta	1,450	Fibre naturali
130	fibre di kapok	1,470	Fibre naturali
131	fibre di kevlar	1,450	Fibre sintetiche
132	fibre di lama		Fibre naturali
133	fibre di lana	1,320	Fibre naturali
134	fibre di lino	1,500	Fibre naturali
135	fibre di lyocell		Fibre naturali
136	fibre di modal	1,520	Fibre sintetiche
137	fibre di mohair		Fibre naturali
138	Fibre di nylon		Fibre sintetiche
139	fibre di nylon -. Nylon 66		Fibre sintetiche
140	fibre di olefina		Fibre sintetiche
141	fibre di poliacrilico		Fibre sintetiche
142	fibre di poliestere normale	1,380	Fibre sintetiche
143	fibre di poliestere speciale	1,220	Fibre sintetiche
144	Fibre di polietilene	0,950	Fibre sintetiche
145	Fibre di polietilene - Spectra 1000	0,970	Fibre sintetiche
146	fibre di poliuretano	1,190	Fibre sintetiche

Materiali presenti su unità da diporto (ordine alfabetico)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
197	leghe leggere a base Al		Metallo
198	leghe leggere a base Mg		Metallo
199	linoleum		Gomme
200	Luxury Vinyls Tiles (LVT)		
201	magneti		
202	marinox 17		
203	marinox 22		
204	marinox 25		
205	marmo		Vari
206	masonite		Legno in fibre
207	materie plastiche rinforzate con fibre di vetro - GRP		Plastiche
208	MCF 80	1,210	
209	MDF [Medium Density Fiberboard] - Media densità	0,800	Legno in fibre
210	memory foam		
211	mercalloy		Metallo
212	mercurio	13,590	Metallo
213	metacrilato	1,180	
214	metacrilato colato		
215	metallo antifrizione		Metallo
216	metallo bianco		Metallo
217	metallo delta		Metallo
218	metilmetacrilato-butadiene-stirene - MBS		Plastiche
219	mica		Minerale
220	minio	9,000	Minerale
221	mogano	0,650	Legno
222	mogano cubano	0,650	Legno
223	mogano dell'honduras		Legno
224	mogano meranti		Legno
225	mogano messicano		Legno
226	mogano sapelli		Legno
227	molibdeno		Metallo
228	monel		Metallo
229	neoprene	1,400	Gomme
230	neoprene espanso a cellule chiuse		
231	neoprene/hypalon		
232	NiBrAl	1,020	Metallo
233	nickel	8,600	Metallo
234	NiCr 80/20	8,350	Metallo
235	nitilbutilene		
236	nitrato di cellulosa - CN		Plastiche
237	nitrile NBR (80 sh a)		
238	nitronic 50		
239	noce		Legno
240	nomex		
241	Okite		
242	okumé		Legno
243	olmo	0,570	Legno
244	ontano		Legno
245	oro	19,320	Metallo
246	OSB (Oriented Strand Board) in Pioppo	0,480	Legno in scaglie

Materiali presenti su unità da diporto (ordine alfabetico)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
297	Polietilenetereftalato - Dacron® DUO		Plastiche
298	polifenilenossido - PPO		Plastiche
299	polifenilsolfuro - PPS	1,650	Plastiche
300	polifenilsulfone - PPSU	1,290	Plastiche
301	poliisobutilene - PIB		Plastiche
302	polimetilacrilato - PMA		Plastiche
303	polimetilmetacrilato - PMMA	1,190	Plastiche
304	poliolefina B11	1,330	Plastiche
305	poliossimetilene - POMc - Delrin®	1,410	Plastiche
306	poliossimetilene, poliformaldeide - POM		Plastiche
307	polipropilene - PP	0,920	Plastiche
308	polipropilene - PP duro		Plastiche
309	polistirene - PS duro		Plastiche
310	polistirene - PS espanso		Plastiche
311	polistirolo		Plastiche
312	polisulfone	1,240	
313	politetrafluoroetilene - PTFE	2,160	Plastiche
314	politetrafluoroetilene - PTFE BBM	3,200	Plastiche
315	politetrafluoroetilene - PTFE CG25	2,100	Plastiche
316	politetrafluoroetilene - PTFE CG35	2,040	Plastiche
317	politetrafluoroetilene - PTFE GF15	2,210	Plastiche
318	politetrafluoroetilene - PTFE VBM	2,280	Plastiche
319	politetrafluoroetilene - PTFE VG	2,180	Plastiche
320	poliuretano - PU a media densità		Plastiche
321	poliuretano - PU schiuma	0,042	Plastiche
322	poliuretano - PUR	1,200	Plastiche
323	poliuretano alifatico		Plastiche
324	poliuretano espanso rigido (PU) - High density	0,060	Plastiche
325	poliuretano espanso rigido (PU) - Low density	0,018	Plastiche
326	poliuretano espanso rigido (PU) - Medium density	0,045	Plastiche
327	poliuretano termoplastico (TPU)		Plastiche
328	polivinilbutirale (PVB)		
329	polivinilcarbazolo - PVK		Plastiche
330	polivinilcloruro - PVC		Plastiche
331	polivinilcloruro - PVC - DG41®	1,080	Plastiche
332	polivinilcloruro espanso - PVC espanso	0,042	Plastiche
333	polivinilcloruro espanso - PVC espanso cellule chiuse	0,120	Plastiche
334	polivinilcloruro rigido - PVC tenero	1,300	Plastiche
335	polivinilcloruro rigido - PVC duro	1,430	Plastiche
336	polivinilidenfluoruro (PVTF)	1,760	
337	polivinildicloruro - PVDC		Plastiche
338	polivinilidenefluoruro - PVDF		Plastiche
339	polivinilpirrolidone - PVP		Plastiche
340	porcellana		Vari
341	porcellana		
342	propionato di cellulosa - CP		Plastiche
343	PVFD	1,780	Plastiche
344	quarzo		Minerale
345	rame	8,960	Metallo
346	rame al berillio		Metallo

Materiali presenti su unità da diporto (ordine alfabetico)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
397	vetro cristallo	3,100	Vari
398	Vetro epossidico EGR T23	2,000	Plastiche
399	vetro flint		Vari
400	vetro laminato		Vari
401	vetro temperato	2,800	Vari
402	warofoam (FR)		
403	Zaffiro sintetico	3,990	Metallo
404	zaffiro	4,020	Minerale
405	zinco	7,100	Metallo

07. BIBLIOGRAFIA

7.1 Testi

- AA. VV.**, «*I rifiuti del comparto automobilistico*», ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) + ONR (Osservatorio Nazionale sui Rifiuti), 2002
- AA. VV.**, «*Linee guida sul trattamento dei veicoli fuori uso*», APAT (agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) «*Dinamiche e prospettive di mercato della filiera della nautica da diporto*», ALL.1 Prot. 13, CNA, 2017
- Lambert A.J.D. (Fred), Surendra M. Gupta**, «*Disassembly Modeling for Assembly, Maintenance, Reuse and Recycling*» CRC PRESS, 2005
- Ashby M., Johnson K.**, «*Materiali e Design. L'arte e la scienza della selezione dei materiali per il progetto*» Zanichelli, 2010
- Baldo G.L., Marino M., Rossi S.**, «*Analisi del ciclo di vita LCA*» Edizioni Ambiente, 2008
- Bianchi D.**, «*Il riciclo ecoefficiente*» Edizioni Ambiente, 2011
- Boote D.**, «*Elementi di costruzioni navali*» Dispense Universitarie, 1992
- Busà M., Cimellaro A.**, «*Recupero e smaltimento rifiuti – Guida alle procedure semplificate*» DEI, 2011
- Caligiana G., Cesari F.**, «*I materiali compositi*» Pitagora, 2002
- Carugati D. C.**, «*Disegnare il mare. La nautica secondo Christian Grande*» 24 ore cultura, 2016
- Cinquina P.**, «*Rifiuti. Manuale tecnico-normativo*» Sistemi Editoriali, 2010
- «*Codice della Nautica da Diporto*», All.-2 del Decreto Legislativo 8 luglio 2005, n. 171
- Connet P.**, «*Rifiuti zero. Una rivoluzione in corso*» Dissensi, 2012
- Fagnoni R., Falcidieno M.L., Pericu S., Zignego M.I.**, «*Ri-FIUTO - Occasioni e Azioni di Ricerca*» Genova University Press, 2017
- Gazzola E.**, «*Aderenza tra compositi FRCM e calcestruzzo: prove di taglio diretto*», tesi L.M. Università degli Studi di Padova – Ingegneria Civile, 2015
- Gentini A., Congiu R., Iole**, «*Sottosistemi e Materiali Innovativi Per la Gestione Integrata del Ciclo di Vita delle Unità da Diporto*» Somain, 2011
- Goring L.**, «*Il manuale della motonautica*», Ugo Mursia Editore, 1986
- Grillo N.G.**, «*Demolizione e rottamazione dei veicoli fuori uso. Gestione dei rifiuti prodotti*», Geva, 2010
- Grosso M., Montani C.M.**, «*Dove vanno a finire i nostri rifiuti? La scienza di riciclare, gestire, smaltire gli scarti*» Zanichelli, 2015
- Haushild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S.I.**, «*Life Cycle Assessment: Theory and Practice*» Springer, 2017
- Leonard N.**, «*Shredder*» Delacorte PR, 2015
- Lodigiani P.** «*Capire e progettare le barche: materiali costruzione dimensionamenti: Manuale per progettisti nautici*», Hoepli Editore, 2016
- Lo Conte L.** «*Indagine teorica e sperimentale sull'aderenza di barre in FRP nel calcestruzzo*», Tesi L.M. Ingegneria Civile Università di Bologna, 2014
- Maggiulli F., Piardi S., Ratti A.**, «*Costruire imbarcazioni da diporto. Esperienze in cantiere*» Maggiori Editore, 2008
- Martin P., Viola A.**, «*Trash. Tutto quello che dovrete sapere sui rifiuti*» Codice, 2017
- Masciocchi P.**, «*Rifiuti. Come cambia la gestione dei rifiuti*» Il Sole 24 Ore, 2012
- Massarutto A.**, «*Un mondo senza rifiuti? Viaggio nell'economia circolare*» Il Mulino, 2019
- Musio-Sale M.**, «*Yacht Design – dal concept alla rappresentazione*» Nuove Tecnologie, 2009
- Nazzaro P.L.**, «*I confini del revamping ferroviario - Relazione e condivisione di strumenti e metodi tra i diversi mezzi di trasporto passeggeri*» tesi Ph.D. Università degli Studi di Genova – Scuola Politecnica
- Rebuffat V., Minici E.** «*Codice della nautica da diporto*», Allegato 2, Istituto Poligrafico dello Stato, ed. 2006
- Sassu M., Bonamini E.**, «*Demolizione e riciclo dei materiali in edilizia*» Tipografia Editrice Pisana, 2016
- Sciarrelli C.**, «*Lo yacht: origine ed evoluzione del veliero da diporto*», Mursia, 2007
- Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W.A.** «*Product design for manufacture and assembly*», CRC Press, 2011
- Ratti A., Knight W.A.** «*La ricerca nello yacht design. Processi di scambio tra Coppa America e produzione industriale*», Edisport Editoriale, 2004
- Spiezia P.**, «*I materiali compositi fibrorinforzati nel recupero degli edifici storici*», tesi Ph.D. Università degli Studi di Napoli Federico II – Facoltà di Ingegneria, 2005.
- Streiffert B.**, «*La barca in vetroresina*», Mursia, 1998

Telleschi D., «*La dismissione nel settore nautico*» tesi Ph.D. Università degli Studi di Genova – Scuola Politecnica

Thompson R., «*Il manuale per il design dei prodotti industriali*» Zanichelli, 2012

Vezzoli C., «*Design per la sostenibilità ambientale. Progettare il ciclo di vita dei prodotti*», Zanichelli, 2017

Villa V., «*Database per la dismissione di imbarcazioni da diporto*» tesi Ph.D. Politecnico di Milano, 2012

Wing C., «*Come funzionano le cose in barca: una guida illustrata*» Nutrimenti, 2012

Zignego M. I., «*Yacht refitting: nuove frontiere dell'allestimento nautico*», Aracne, 2012

7.2 Articoli

Alfieri F., Belli N., «*Design for Disassembly*» Start Innovation, 2017

«*Auto demolizioni, un business redditizio ed ecosostenibile*», QuiFinanza, 2015

Baldo G.L., Toso D., «*Life cycle thinking. Esempi di successo*» Green now!

Belletti G., «*La fibra acrilica – “Surrogato” della lana o materiale Hi-tech?*», 2001

Beltrando S., «*Quanto può durare una barca in vetroresina?*», Sailing&Travel Magazine, 2015

Bianchi E., «*DFMA, una tecnica “green”*», Il progettista industriale, 2013

Cancelli D., Milioni D., Pettinao E., coordinamento di Leoni S., «*Veicoli a fine vita e recupero del car fluff – Stato dell'arte e prospettive*», Sustainable Development Foundation, A.I.R.A. (Associazione Industriale Riciclatori Auto), 2017

Carchesio M., Tatàno F., Tosi G., Trivellone C.H. «*Rifiuti industriali dal settore manifatturiero della nautica da diporto nella regione Marche: caratterizzazione parametrica e chimico fisica*», Ingegneria dell'ambiente- Vol. 2, n.1/2015

Cerluini E., «*Recupero del car-fluff: il contributo degli impianti di frantumazione*», Gruppo fiori, 2017

Chiodo, J. D., «*Design Principles for Active Disassembly*», Brunel University, London, 2005

Chiodo, J. D., Grey, C., Jones, D., «*Design for Remanufacture, Recycling and Reuse*», Glasgow, 2011

«*Codice della nautica da diporto*», Allegato 2, D.L. 8 luglio 2005, n. 171

«*Definizione di linee guida, strategie strumenti per la dismissione delle imbarcazioni in vetroresina al termine del ciclo di vita*», Piattaforma Tecnologica Nazionale Marittima, Roma, 2008

«*Environmental Engineering and Management Journal*», October 2020, Vol. 19, No. 10, 1645-1926

«*Framing, Stiffener And Foundation Design*», Marine Composites- Webb Institute Senior Elective Spring, 2013

Gardiner G., «*The structural grid: Prefabrication*», Composite World, 2013

Giannullo A., «*La sfida di un'azienda: barche in vetroresina rinascono come arredi Blo*», ilGiornale.it, 2016

«*Guida al Poliuretano espanso*», Olmo Group, 2013

«*Il futuro della mobilità è legato allo sviluppo dei materiali compositi*», Compositi Magazine, 2019

Ingiosi D., «*Il teak sintetico: pregi e difetti*», MagellanoStore Blog, 2018

Ingiosi D., «*Rottamare la barca in Italia: modi tempi e costi*», MagellanoStore Blog, 2020

«*I progressi scientifici possono rendere più facile riciclare le materie plastiche*», Greenreport, 2017

«*La nautica da diporto: produzione, portualità e imprese*», 2011

La Rosa A.D., Banatao D.R., Pastine S.J., Latteri A., Cicala G., «*Recycling treatment of carbon fibre/epoxy composites: Materials recovery and characterization and environmental impacts through life cycle assessment*», Elsevier, 2016

«*Le nuove frontiere nelle tecnologie di incollaggio*», Mondo Barca, 2011

Lomartire E., «*Riciclare. L'unica chance realistica per la nautica*», Sailing&Travel Magazine, 2016

«*Lo smaltimento delle imbarcazioni al termine della vita utile*», Mondo Barca, 2017

«*Materiali compositi innovativi: recenti sviluppi e proposte di applicazione*», PST Galileo, 2013

McLellan H., «*Design for disassembly*», www.studiof-waste.weebly.com

Mondinelli A., «*Intervista a Pietro Vassena: barca vecchia fa buon brodo?*», BoatMag, 2014

Nautica Editrice, «Vetroresina ieri: ma oggi?» Nautica, 2017

«Nautica in cifre - analisi del mercato per l'anno 2020», Centro studi UCINA, Genova, 2020

Noor S., Shabbir A., Nawaz F., «Design for Disassembly», University of Engineering & Technology, Lahore, 2016

Pasquini M., Antonelli M., Battisti C., «Le aperture sullo scafo evoluzione e tendenze», Superyacht n°9, Estate 2006

«Riciclare la plastica termoidurente? Ora si può!», Subfornitura News, 2015

Ruocco E., «Basta cimiteri di barche! La soluzione ci sarebbe: sono gli inventivi alla rottamazione», Barche a Motore, 2019

Stienstra D., «Introduction to Design for (Cost Effective) Assembly and Manufacturing», Rose-Hulman Institute of Manufacturing, 2020

Testa G., «I materiali compositi (seconda parte)», Blugate Sailing, 2020

Tognozzi M., «Nautica in cifre: + 12% nel 2019», Farevela, 2020

Troise S., «NauticSud, premiato Ruggiero Di Luggo (Fiat): l'inventore delle barche in vetroresina» Il Messaggero, 2017

Tognotti L., «Impianto di pirogassificazione con combustione integrata per la valorizzazione di rifiuti industriali», Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali, Università di Pisa

Viotti P., Mancini G., «Termovalorizzazione di rifiuti speciali: il caso FLUFF» Sapienza Università di Roma, 2009

7.3 Sitografia principale

«Come smaltiremo 41.000 tonnellate di barche in vetroresina?», www.ormeggionline.com

«Demolizione barche Italia, aggiornamenti quali sono le evoluzioni in Europa e quali sono le evoluzioni in Italia su un mercato con un potenziale molto interessante», www.yachtsaildesign.com, 2015

«Ecologia, le difficoltà di smaltire stampi e barche», www.demolizionebarche.it, 2015

«Exploring the lifecycle of sustainable, recyclable thermoset composites», www.connoracomposites.com

«Gli anni '70 – Storia del telaio automobilistico», www.marcotraverso.it

«Impianti di recupero e trattamento rifiuti», COPARM, www.coparm.it

«La normativa per la costruzione delle barche», www.nautikit.com

«Materiali compositi, cosa sono e come vengono prodotti», www.infobuild.it, 2013

«Materiali ultraleggeri: la vera pecca è nel riciclo», www.Rinnovabili.it, 2013

«Nautica: l'innovazione, barche e scafi si stamperanno in 3D», www.adnkronos.com

«LIFE12 ENV/IT/000579 LIFE Enrich a poor waste» Bra servizi, www.braservizi.com, 2017

«Oleodinamica Ricambi s.r.l.», www.oleodinamica-srl.it

«Pannelli in vetroresina riciclata RFM», www.geesrecycling.com

«Programma LIFE+» Commissione Europea, <https://ec.europa.eu/environment/life/index.htm>, 2017

«Riciclo vetro Genova», www.revetro.it

«Rifiuti: veicoli fuori uso, recuperare il car fluff per allinearsi all'Europa», www.adnkronos.com, 2017

«Rompi motori automobilistici», www.pressebull.it

«Rottamazione imbarcazione», www.guardiacostiera.gov.it

«Separazione densimetrica», www.ghirarduzzi.it

«Team Arkema – Lalou Multi», www.laloumulti.fr, 2015

«Termoidurenti che si riciclano», www.polimerica.it, 2014

«Tecnica di filtrazione (Processi a membrana)», www.spazioinfo.com, 2017

«Vetroresina: si fa presto a chiamarla così», www.giornaledellavela.com, 2018

www.ansa.it

www.assocompositi.it

www.besenzoni.it

www.boatdigest.eu

www.confindustria.it

www.federlegnoarredo.it
www.italiandesigninstitute.com
www.italianpropellers.it
www.osculati.com

7.4 Normative e Regolamenti

Bureau Veritas, «**NR500** - *Rules for the classification and the certification of yachts*», 2012

Bureau Veritas, «**NR500 Amd 003** - *Amendments Part A & Part B*», 2016

Direttiva Europea CEE 91/689 relativa ai rifiuti pericolosi

Direttiva 2003/44/CE (modifica la direttiva 94/25/CE) relativa alle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri riguardanti le imbarcazioni da diporto

Direttiva Europea UE 2018/849 (modifica la direttiva 2000/53/CE) relativa ai veicoli fuori uso, pile/batterie e RAEE

Direttiva Europea UE 2018/850 (modifica la direttiva 1999/31/CE) relativa alle discariche

Direttiva Europea UE 2018/851 (modifica la direttiva 2008/98/CE) relativa ai rifiuti

Direttiva Europea UE 2018/852 (modifica la direttiva 94/62/CE) relativa ad imballaggi e rifiuti provenienti da imballaggi

D.Lgs 152/2006 relativo alle norme in materia ambientale

D.Lgs 146/2008 art 16 relativo alla cancellazione di unità da diporto dai registri

D.Lgs. 116/2020 relativo al “nuovo codice ambientale”

Codice della nautica da diporto, Allegato 2, D.L. 8 luglio 2005, n. 171

RINA, «*La tecnica dell'infusione nella realizzazione di compositi per la nautica – Linee guida*»

UNO 10667-1:2017, della commissione tecnica Uniplast, relativa alle materie plastiche prime-secondarie

Oltre la vetroresina

Catalogazione sistematica dei materiali presenti a bordo di unità da diporto in composito per la progettazione di un ciclo di separazione industrializzato itinerante.

Volume 2 | **Curare**

Università degli Studi di Genova
Scuola Politecnica
Promostudi Campus Universitario La Spezia
Dottorato di Ricerca in Architettura e Design
Ciclo: XXXIII

Candidato: Dott. Matteo Covini
Tutor: Prof. Mario Ivan Zignego



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



PREMESSA

A cura dell'Arch. Mauro Sculli


Ai professionisti e agli operatori del mondo dello yachting, ma anche più in generale del trasporto marittimo, e quindi di tutto ciò che si muove sulle acque dolci o salate, a vela o a motore, è probabilmente capitato recentemente di trovarsi a discutere o di partecipare a convegni, webinar o conferenze dove sostenibilità, capacità di recupero dei materiali e protezione dell'ambiente sono stati gli argomenti principali posti sul tavolo del dibattito. Personalmente sono anni che sento ripetere: "quando si troverà una soluzione per smaltire in maniera sostenibile vecchie barche o stampi ormai inutilizzati per la produzione di serie, e quindi obsoleti, avremo fatto finalmente un grande passo verso un futuro più rispettoso dell'ambiente, con un riscontro sociale ed economico di grande impatto..."

L'industria nautica per una semplice ragione di "numeri" ha una dimensione e un'organizzazione ancora molto artigianale che rende difficile inglobarne i processi produttivi in un ciclo più virtuoso e regolato, come invece è più facile trovare nel mondo dell'automobile o piuttosto degli elettrodomestici e delle costruzioni civili.

L'approccio che fino ad oggi avevo affrontato e discusso aveva sempre una logica e un iter piuttosto consueto, a posteriori ... "si dismette l'oggetto, si trasporta per un certo periodo in aree possibilmente isolate e che non creino disturbo, poi si procederà al parziale smontaggio, alla frantumazione e al recupero del materiale come rifiuto solido inerte, da riempimento". Purtroppo può succedere che questo approccio si fermi alla fase di accumulo, che prima o poi la natura e i rovi nascondono all'occhio umano e trasformano in rifiuti "invisibili", facili da dimenticare. E se anche il processo si completa, la qualità del ricavato ha un impatto ambientale poco compatibile con i terreni e la natura

Oggi è sempre più urgente affrontare questo difficile e annoso problema, ribaltandone l'approccio e la sequenza delle operazioni prevenendo quindi i problemi e le difficoltà di smaltimenti in fase progettuale, trovando quindi una soluzione che si avvicina di più ad un processo industriale, con evidenti risvolti positivi anche dal punto di vista economico oltre che ambientale.

Invece di lasciare alla sensibilità e all'iniziativa dei singoli progettisti o dei cantieri la scelta dei materiali e dei processi di costruzione per un corretto impatto ambientale, forse è il momento di passare dai convegni di denuncia allo sviluppo di uno strumento che dia linee guida più precise e che possa in qualche modo normare anche l'industria legata alla nautica. Sicuramente un vademecum delle operazioni di produzione, dei materiali più idonei ad un utilizzo sostenibile e una procedura di smaltimento e/o recupero post-vita più pratica sarebbe di grande aiuto e supporto per progettisti e operatori del settore. Una piccola rivoluzione che non farei fatica a paragonare alla nascita in Inghilterra del primo registro navale a fine '800, poi diventato il Lloyd's Register of Shipping, ente di classifica che per primo ha codificato regole finalizzate alla



sicurezza della vita dei marinai e della nave, nonché l'ambiente, assistendo i clienti nella certificazione delle caratteristiche della costruzione e conduzione delle navi e in seguito degli yacht, fornendo ai progettisti un prezioso strumento guida da utilizzare già dalle prime fasi del progetto per migliorare la qualità e codificare la prassi di progettazione e costruzione, fino ad allora ancora empiriche o patrimonio di pochi mastri d'ascia.

1. Introduzione

- 1.1 Obiettivi della ricerca sperimentale.....11
- 1.2 Premesse e ricerca preliminare.....13
 - 1.2.1 Ipotesi.....13
 - 1.2.2 Ricerca di tecnologie per la frantumazione dei materiali.....17
 - 1.2.3 Dimensione massima dei frammenti.....22
 - 1.2.4 Ricerca di tecnologie per la separazione dei materiali.....22
 - 1.2.5 Prima divisione dei materiali in seguito alla frantumazione di un'unità da diporto...33
 - 1.2.6 Metodologia della sperimentazione.....34

2. Sperimentazione su una serie di campioni dimostrativi

- 2.1 Introduzione.....35
 - 2.1.1 Validità ed aspettative.....35
- 2.2 Costruzione dei campioni.....36
 - 2.2.1 Identificazione dei materiali.....36
 - 2.2.2 Sintesi delle giunzioni tra i materiali: Assemblaggio.....37
 - 2.2.3 Limiti dimensionali del campione.....39
- 2.3 Shredding.....40
 - 2.3.1 Premessa.....40
 - 2.3.2 Prova di Triturazione 1 – Macinatore a martelli.....40
 - 2.3.3 Prova di Triturazione 2 – Frantumatore a cilindri.....43
 - 2.3.4 Prova di Triturazione 3- Combinata.....46
- 2.4 Separazione Primaria.....48
 - 2.4.1 Preparazione.....48
 - 2.4.2 Separazione a liquido- Densità.....48
 - 2.4.3 Estrazione del legno- Igroscopicità.....51
 - 2.4.4 Estrazione metalli.....53
 - 2.4.5 Considerazioni.....53
- 2.5 Strategie future di Separazione Secondaria.....55
 - 2.5.1 Introduzione.....55
 - 2.5.2 Tavole densimetriche.....55
 - 2.5.3 Fluff- Frazione residua.....57

3. Fasi attuative di una demolizione alternativa: il processo PSS

3.1	Processo PSS	59
3.1.1	Raggiungimento del/delle unità e preparazione dell'area di lavoro	59
3.1.2	Bonifica e pre-demolizione	60
3.1.3	Shredding	63
3.1.4	Trasporto	64
3.1.5	Arrivo in sede e stoccaggio	69
3.1.6	Macinazione	70
3.1.7	Separazione Primaria	71
3.1.8	Separazione Secondaria	75
3.1.9	Riciclo e Smaltimento	76
3.2	Focus: stazione di demolizione itinerante	77
3.2.1	Selezione dei macchinari	77
3.2.2	Metodo di spostamento	84
3.3	Confronto con un caso studio- RAPALLO 2018	86
3.3.1	Cosa è accaduto? Difficoltà pervenute e casi di smaltimento illecito	86
3.3.2	I vantaggi dell'applicazione di un processo di demolizione PSS	88

4. Boat Fluff

4.1	Cos'è quindi il Boat Fluff?	91
4.1.1	Composizione	92
4.2	Ridurre le percentuali di Boat Fluff	96
4.2.1	Ipotesi di eliminazione	96
4.2.2	Ipotesi di sostituzione	97
4.2.3	Ipotesi di cambiamento nell'assemblaggio	97
4.2.4	Ipotesi di varianti nel processo PSS: selezionatrici ottiche	98

5. Conclusioni

5.1	Conoscere e riconoscere il Boat Fluff: la creazione di incentivi per classe di riciclabilità	101
5.2	Il cambiamento può nascere dal progettista	102
5.2.1	Formazione Universitaria	102
5.2.2	Formazione Professionale	103
5.2.3	Strumenti futuri di supporto al progettista	103
5.3	Conclusioni	104

6. TABELLA RIASSUNTIVA DEI MATERIALI (ordine di densità)

01. INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi della ricerca sperimentale

Dalle fasi iniziali della ricerca è risultato chiaro come la costruzione e la demolizione delle unità da diporto siano processi ancora artigianali, con livelli di automazione davvero bassi. Chiaramente a livello commerciale quest'artigianalità in fase di costruzione porta ad un plus-valore del prodotto, rendendo di fatto ogni imbarcazione unica nel suo genere. Ogni cantiere nautico utilizza le proprie tecniche, apprese o tramandate di generazione in generazione e, salvo pochi casi in cui la produzione in serie ha standardizzato determinati processi, i costruttori valutano di volta in volta le problematiche riscontrate cercando soluzioni arbitrarie, basate esclusivamente sull'esperienza. Inoltre, durante una serie di interviste iniziali condotte per valutare la sensibilità in merito, è emerso che la quasi totalità dei cantieri non ha una visione d'insieme del ciclo di vita delle unità prodotte. Specialmente per le unità più piccole (natanti) è risultato che nella quasi totalità dei casi i costruttori perdono completamente traccia delle unità vendute.

In ultimo, ma di fondamentale importanza per questa tesi, solo un cantiere costruttivo sui diciassette intervistati si è occupato almeno una volta di affiancare le operazioni di demolizione di una delle proprie unità. Il dato conferma quanto ipotizzato nel Volume 1 – PREVENIRE, ovvero la mancanza di contatto dei cantieri con la realtà diametralmente opposta alla costruzione: il disassemblaggio.

Questo fa sì che ogni scelta venga effettuata sulla base dei costi e dei tempi di produzione in relazione alle prestazioni.

Per di più il panorama italiano, ma anche europeo e mondiale, sembra in stallo nell'attesa di una risposta alla domanda: "come smaltiremo le tonnellate di vetroresina provenienti dall'attuale parco nautico in disuso?".

La domanda è lecita ma, per quanto analizzato nel Volume 1, è chiaro che il come si smaltirà o riciclerà la vetroresina è solo una parte del problema, poiché per riciclare la vetroresina (o qualsiasi altro materiale) è necessario preventivamente estrarla dall'eterogeneità di materiali imbarcati, operazione al momento tutt'altro che risolta. Se però continua a venire meno il dialogo tra i demolitori e i costruttori, si percepirà sempre la differenza di controllo, accuratezza e pulizia delle operazioni di separazione e smaltimento in confronto a quelle di produzione. Leggendo articoli sulla demolizione navale, si sente spesso parlare di raccolta differenziata di Vetroresina – Plastiche – Metalli – Vetri – Legni, ma la realtà è che per un corretto riciclo questa fase di suddivisione può essere un punto di partenza preliminare, non l'obiettivo finale.

Per prendere consapevolezza della reale quantità di materiali Volume 1 sono state seguite e sintetizzate le operazioni di assemblaggio di un'unità da diporto tipo, considerando unità nella fascia compresa tra 0 a 24 metri e selezionando per ogni passaggio la scelta/le scelte più nocive in termini di quantità di materiali o percentuali di contaminazione. Così facendo abbiamo ottenuto una tabella verosimile in grado di schiarirci le idee sull'ordine di grandezza del problema dei materiali a bordo delle "barca in vetroresina".

Nasce così l'esigenza di un Volume 2 – CURARE contenente la proposta di un ciclo di separazione alternativo che non si basi sulla selezione manuale dei materiali, quanto sulle loro proprietà fisiche.

La ricerca è volta ad ottenere dalla demolizione di un'unità da diporto non più i soliti 5 flussi di uscita, bensì un numero che si avvicini a quello dei materiali in entrata selezionati nella fase costruttiva. Chiaramente è irrealistico pensare di ottenere un numero di flussi in uscita pari ai materiali impiegati nella costruzione, ma sarà importante analizzare questo delta materiali-in-entrata/flussi-in-uscita così da capire quali di essi restano miscelati tra loro nella frazione residua.

In sintesi l'obiettivo di questa seconda parte sperimentale altro non è che un tentativo di identificazione della composizione del Boat-Fluff, così da poter aggiungere finalmente al tavolo di progetto una reale domanda mirata al fine vita delle unità: come possiamo diminuire la percentuale di residuo finale in fase di progetto?

Se nel corso del Volume 1-PREVENIRE sono state esaminate le procedure atte a selezionare manualmente i vari materiali, sottolineando l'importanza di una separazione controllata rispetto agli svantaggi di una separazione più distruttiva, ironicamente la sperimentazione ha portato ad una primordiale soluzione diametralmente opposta a quanto affermato.

Vedremo infatti un processo in cui la separazione dei materiali avviene solo a posteriori di una frantumazione generale con la volontà di risolvere, almeno parzialmente, le criticità affrontate nella demolizione tradizionale: TRASPORTO – TEMPI/COSTI – CONTAMINAZIONI.

Per semplicità denomineremo il processo come processo PSS: Post-Shredder Separation. (Fig. 01, 02)

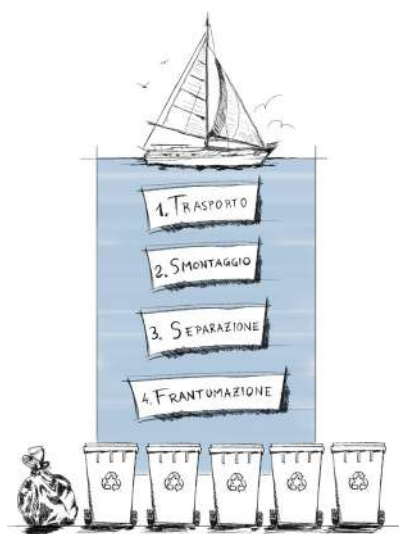


Fig. 01

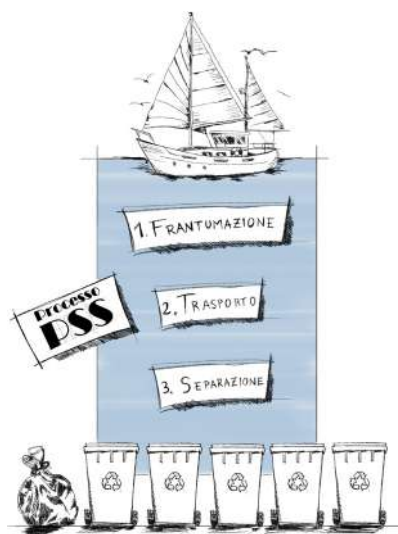


Fig. 02

1.2.1 Ipotesi

1.2 Premesse e ricerca preliminare

Con la consapevolezza acquisita nella fase 1, è stato chiaro che la strada attualmente percorsa non stia conducendo ai risultati sperati. Proprio per via del numero così elevato dei materiali presenti, è sorto il dubbio che forse una delle cause di una così poco accurata separazione a fronte di tempistiche così dilatate, potesse essere la selezione manuale che, seppur controllata, non è sufficientemente selettiva. Inoltre abbiamo visto come la separazione tradizionale sia condizionata da innumerevoli fattori derivanti dalle tecniche costruttive, con ore ed ore di manodopera atte al lungo smontaggio delle componenti incollate, avvitate e/o contro-laminate. In ultimo, seguendo i materiali di risulta fino alle fasi di riciclo, si è visto come nessun componente mantenga la sua forma originaria bensì venga frantumato e/o fuso. Questi sono i principali motivi che hanno spinto la ricerca a deviare nella direzione opposta, ovvero verso le tecniche di separazione delle graniglie in seguito alla loro triturazione.

Si è quindi ipotizzato che la frantumazione potesse sostituire la fase di smontaggio manuale, così da ridurre le tempistiche ed in contemporanea abbattere drasticamente i costi relativi alla manodopera. Per di più non è obbligatorio che la fase di frantumazione avvenga nella sede dell'azienda demolitrice, al contrario potrebbe essere conveniente agire presso il luogo di stazionamento dell'unità, a patto che vengano prese le precauzioni necessarie in termini di sicurezza ambientale e della persona.

Come vedremo nel dettaglio nel corso della simulazione su un caso studio reale¹, le ipotesi per cui una triturazione in loco possa risultare una strategia interessante da un punto di vista ecologico e di marketing sono le seguenti:

Trasporto:

Si abbattano drasticamente i costi di trasporto poiché un'unità triturata occupa drasticamente meno volume di una intera. C'è quindi la possibilità di eludere le spese per i trasporti eccezionali. (Figg. 02, 03)

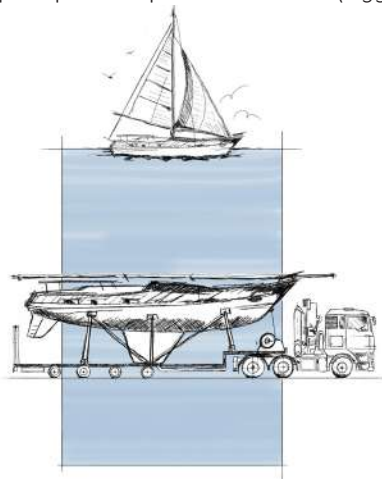


Fig. 03

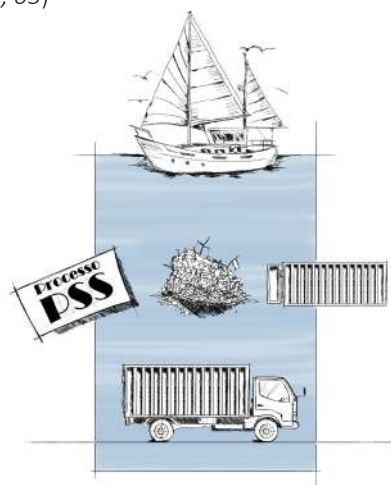


Fig. 04

¹ Capitolo 3.3:
Rapallo – ottobre
2018

Servizi multipli:

Compattandone le dimensioni, è possibile procedere al ritiro di più unità in contemporanea. Il vantaggio logistico ed economico non è trascurabile, specie sul grande numero. Gli enti pubblici/privati potrebbero con più probabilità investire per lo sgombero dei cimiteri delle barche. (Figg. 05, 06)

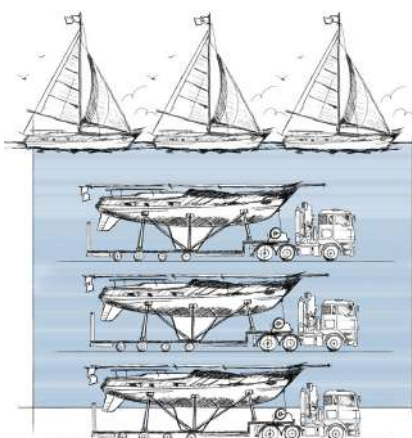


Fig. 05

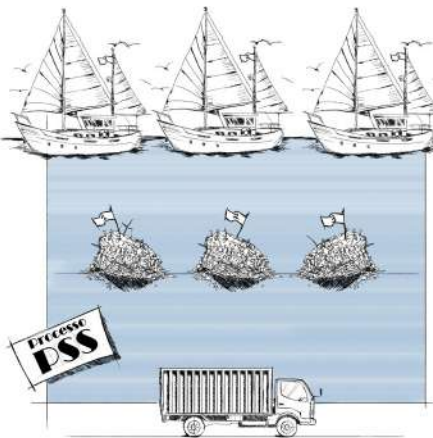


Fig. 06

Servizio itinerante:

La postazione demolitrice mobile non è più vincolata a rientrare in sede ad ogni demolizione, bensì può pianificare un itinerario con cui procedere alla demolizione di unità poste in siti differenti tra loro, ottimizzando i viaggi del/ dei camion. I chilometri risparmiati quindi influiscono positivamente sia sui costi di gestione dei mezzi di trasporto che riducendo le emissioni di anidride carbonica. (Figg. 07, 08)

Gli enti pubblici/privati potrebbero con più probabilità investire per lo sgombero delle unità abbandonate lungo le coste o gli argini dei fiumi.

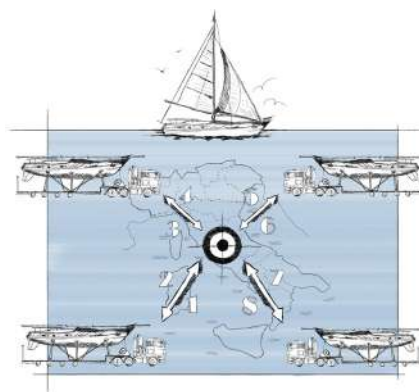


Fig. 07

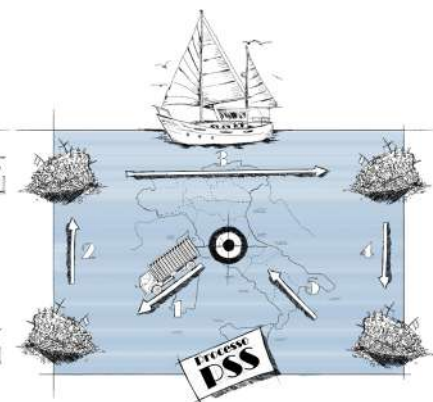


Fig. 08

Diminuzione delle infrastrutture:

L’azienda demolitrice non ha più necessità di infrastrutture mastodontiche poiché non dovrà disporre di piazzali atti ad ospitare le unità in attesa di essere smaltite. Quest’ultimo fattore implica una spesa di gestione dell’infrastruttura più contenuta, ottimizzando lo spazio grazie all’utilizzo dei container standard che, con la possibilità di essere impilati, aumentano esponenzialmente la capacità di stoccaggio delle unità in attesa. (Figg. 09, 10)



Fig. 09



Fig. 10

¹Media dei dati estrapolati da una serie preventivi richiesti divise in 3 categorie:
- Meno di 8 metri
- 8 – 15 metri
- 15 – 24 metri

²Delta costi preliminare, non considerante i ricavi ottenuti dalla rivendita dei materiali
³ Risparmio al netto, senza considerare le spese di trasferta (vitto e alloggio degli operatori)

Le premesse quindi indicano una serie di ipotetici vantaggi non trascurabili, punti di forza che in base alle ricerche perseguite potrebbero giovare a:

Armatori:

Se consideriamo che in caso di demolizione e smaltimento tradizionale il trasporto incide del 20-30% sulle spese di demolizione e la manodopera di smontaggio tra il 40-60%¹, riducendo il trasporto del 40% (movimentazione macchinari) e riducendo ottimisticamente la manodopera del -50% (bonifica iniziale e utilizzo dei macchinari), otteniamo un costo di trasporto + costo di demolizione inferiore del 40% rispetto alla media dei preventivi ottenuti. Considerando che il restante 25% della demolizione tradizionale copriva le spese di smaltimento, nel caso di un processo PSS è opportuno invece rincarare del + 20% per coprire le spese di acquisto e manutenzione dei macchinari di separazione post frantumazione. Il conteggio totale porta quindi a ipotizzare una spesa finale inferiore del 35%². (Tab. 01)

Confronto preliminare Demolizione Tradizionale (DT) - Demolizione PSS		
	Demolizione tradizionale DT	Variazioni Demolizione PSS
TRASPORTO	20-30% del costo totale	- 40% - (10% del totale DT)
MANODOPERA	40-60% del costo totale	- 50% (25% del totale DT)
SMALTIMENTO	Circa 25% del costo totale	+ 20 % (30% del totale DT)
COSTO TOTALE	100%	(10%+25%+30 %) = 65 % del totale DT
RISPARMIO NETTO		- 35% rispetto alla demolizione

Tab. 01

Comuni/Organi pubblici:

Considerando la quantità di unità abbandonate lungo le coste e gli argini dei fiumi, è verosimile credere che un servizio di bonifica degli spazi occupati dai cimiteri delle barche offerto ad un prezzo vantaggioso rispetto alla media dei competitors potrebbe interessare comuni e province. Infatti, basandoci su un sistema tradizionale di trasporto-demolizione, bisogna moltiplicare il costo per il numero di unità da smaltire. Al contrario in un sistema PSS vengono moltiplicati per il numero delle unità da smaltire solo le voci “Manodopera” e “Smaltimento” mentre le spese di trasporto restano le stesse. Questo fa sì il risparmio è direttamente proporzionale al numero di unità da smaltire.
(Tab. 02)

Confronto preliminare costi 3 - 10 Unità						
	Demolizione tradizionale DT	x 3 Unità	x 10 Unità	Variazioni Demolizione PSS	x 3 Unità	x 10 Unità
TRASPORTO	20-30% del costo totale	(x3) 75%	(x10) 250%	- 40% - (10% del totale DT)	(x1) 710%	(x1) 10%
MANODOPERA	40-60% del costo totale	(x3) 150%	(x10) 500%	- 50% (25% del totale DT)	(x3) 75%	(x10) 250%
SMALTIMENTO	Circa 25% del costo totale	(x3) 75%	(x10) 250%	+ 20 % (30% del totale DT)	(x3) 90%	(x10) 300%
COSTO TOTALE	100%	300%	1000%	(10% +25% +30 %) = 65 % del totale DT	175%	560%
RISPARMIO NETTO					-41.7% Rispetto DT	-44% Rispetto DT*

Tab. 02

Ovviamente la veridicità di questi dati, come la fattibilità della proposta stessa, si basano su tre grandi interrogativi:

- 1. È possibile frantumare insieme i materiali presenti a bordo delle unità da diporto?
- 2. Quanto raffinata deve essere la frantumazione affinché i materiali si distaccino tra loro?
- 3. È possibile separare i vari materiali presenti nell’agglomerato di risulta da una frantumazione collettiva?

Per poter rispondere a queste domande è stato necessario affrontare due ulteriori fasi di ricerca distinte, entrambe consequenziali alla ricerca improntata nel Volume 1 – PREVENIRE.

Frantumazione è il termine con cui in generale si sottintende la riduzione meccanica del volume di un materiale solido in parti più piccole. In realtà vi sono differenti livelli di riduzione, a cui si attribuiscono nomi differenti:

Frantumazione: il materiale grezzo viene ridotto in frammenti grossolani che vanno da 5mm a 50mm.

Macinazione: fase successiva alla frantumazione, riduce i pezzi in particelle che vanno dalle centinaia alle decine di micrometri; questa fase è anche detta polverizzazione.

Micronizzazione: ultima fase di raffinazione, riduce le particelle al di sotto di 10 μm .

Le tecnologie di frantumazione e macinazione sono molteplici ma tutte sfruttano meccanismi di cedimento a quattro tipologie di sforzo: taglio, compressione, impatto e attrito.

Il primo dubbio sorto è stato proprio in merito alla possibilità di tritare con un unico macchinario materiali molto differenti tra loro. Per questo motivo, basandosi sulla tabella ricavata nel Volume 1, è stato possibile effettuare un'analisi di mercato dei macchinari di frantumazione presenti nei settori più disparati che potrebbero essere impiegati per i materiali selezionati; l'attenzione si è quindi focalizzata sulle diverse tecnologie impiegabili, di cui a seguire un breve riassunto:

Frantumatore Conico:

E' costituito da un albero centrale sul quale viene montato l'elemento macinante a forma di tronco di cono che lavora grazie ad un'unità di trasmissione eccentrica. La sua superficie e quella della camera di macinazione possono essere sia lisce che scanalate. Il frantumatore può essere ad asse verticale fisso oppure oscillante, ed in questo caso prende il nome di frantumatore conico pendolare. Questo tipo di frantumatore permette la riduzione in briciole fino a 0,5 cm di pietre dure provenienti dall'estrazione di cave o miniere che, finché non scendono sotto un certo diametro, continuano a girare nella camera di macinazione.

La forza impressa dai frantumatori appartenenti a questa famiglia è molto elevata. (Fig. 11)

Il limite dei frantumatori conici, ai fini di questo progetto di ricerca, è il volume massimo delle componenti in entrata che risulta particolarmente ridotto, necessitando quindi di una pre-frantumazione più grossolana.

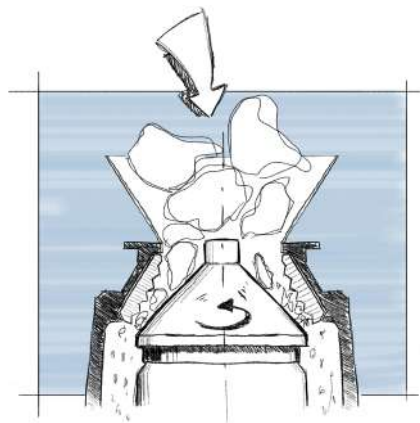


Fig. 11

Frantumatore a lame:

E' formato essenzialmente da una camera di macinazione all'interno della quale ruota un albero orizzontale a cui sono fissate delle lame o coltelli. Nella parte inferiore della camera di macinazione è presente una griglia forata intercambiabile a seconda della dimensione delle briciole che si desidera ottenere, che possono arrivare ad un paio di mm. Ruotando, l'albero e le lame forzano il materiale contro la griglia, frantumandolo più e più volte finché le briciole non vengono ridotte al punto tale da consentirne il passaggio attraverso i fori dal diametro selezionato, cadendo per gravità in un raccogliatore sottostante. (Fig. 12)

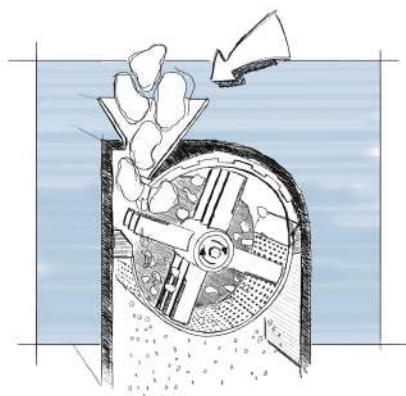


Fig. 12

I frantumatori a lame sono piuttosto economici in relazione ai risultati. Anche questa tecnologia ha però dei limiti:

- Le lame sono sottili e lavorano a taglio, materiali troppo duri rompono le lame;
- Anche l'estremo opposto è un problema, infatti la caduta per gravità fa sì che talvolta la frazione più leggera resti nella parte superiore della camera di macinazione, rischiando di intasare la condotta e/o le lame.
- In ultimo, come i frantumatori conici necessitano di essere preceduti da una prima demolizione grossolana.

Frantumatore a martelli:

Esiste un secondo tipo di frantumatore, detto a martelli, che utilizza la stessa strategia di quello a lame. In questo caso però la camera di macinazione è scanalata sulla profondità, mentre sull'albero orizzontale sono installati dei martelli snodati che premono il materiale sulle asperità della camera di macinazione, frantumandolo. In alternativa, facendo ruotare molto velocemente l'albero, si sfrutta la forza d'impatto del materiale contro i martelli, contro le pareti della camera e contro gli altri pezzi in frantumazione presenti, specie per i materiali più duri. (Fig. 13)

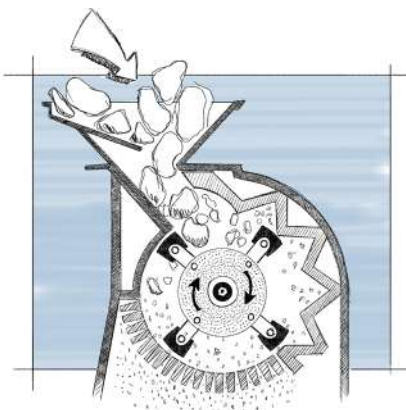


Fig. 13

Frantumatore a lame:

I tritutori a rulli sono costituiti da due cilindri che ruotano a senso contrario attorno ai loro assi longitudinali. Uno dei due genera la rotazione per mezzo di un motore mentre il secondo è libero e ruota per la frizione causata dal materiale che scende. Questi tipi di molini sfruttano le forze di compressione per macinare i materiali che scendono tra i due rulli. La finezza della frazione di risulta è regolabile a piacimento modificando la distanza tra i cilindri. Questa tecnologia deriva dall'agraria, in particolare per la macinazione dei chicchi di grano in 3 passaggi:

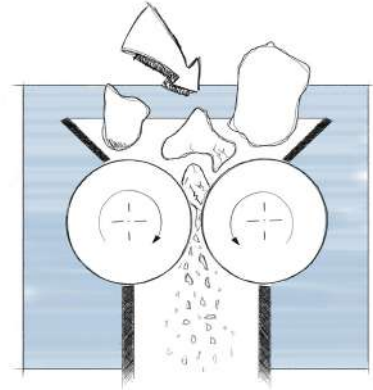


Fig. 14

1. Rottura dei chicchi di grano così che l'endosperma possa essere estratto dalla crusca. I rulli sono ad una distanza intermedia.
2. Setacciamento del prodotto della prima macinazione.
3. Secondo passaggio nei rulli di macinazione ravvicinati per la trasformazione dell'endosperma in farina.

I molini di questa categoria, anche detti laminatoi, presentano una superficie dei rulli liscia, il che implicherebbe nuovamente una pre-frantumazione del materiale da riversare che altrimenti non verrebbe arpicato dai rulli, restando in superficie. (Fig. 14)

Frantumatore a cilindri:

I frantumatori a cilindri sono i più indicati per porzioni più grandi poiché, nonostante il loro funzionamento sia simile a quello del frantumatore a rulli, i cilindri in questo caso presentano delle superfici sagomate per la macinazione, intercambiabili tra lame e martelli a seconda della necessità. Entrambi i cilindri sono motorizzati ma, grazie a due dischi di riduzione differenti, ruotano a velocità differenti: questa differenza genera una forza d'attrito che, sommata alla compressione applicata nel passaggio tra i cilindri, rende i molini di questo tipo i più prestanti al fine della nostra ricerca. Inoltre sul mercato ne esistono di differenti portate, talvolta dalle dimensioni tali da contenere un'automobile; per questo motivo sono i più utilizzati per le demolizioni di carcasse di auto o per scarti industriali. (Fig. 15)

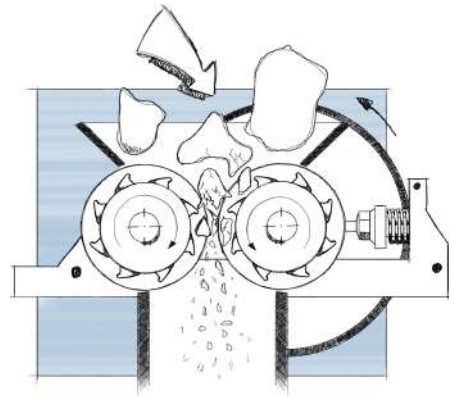


Fig. 15

Macchinari per Micronizzazione:

Nessuno dei molini considerati è in grado di scendere sotto al millimetro delle briciole di risulta, per questo è stata fatta un'analisi sulle possibilità di ridurre ulteriormente la frazione di risulta dalla macinazione tramite micronizzazione. (Fig. 16) Esistono due tipologie principali di micronizzatori, a camera ellittica verticale o a getti contrapposti. Entrambe le tecnologie sfruttano il principio di un flusso d'aria o gas compresso nella camera ad alta



Fig. 16

velocità, facendo collidere le briciole l'una sull'altra, generando particelle con un alto grado di finezza che varia da 1 a 10 μm , con un'uniformità elevata sia di forma che di dimensione. In realtà proseguendo con le sperimentazioni, si è rilevata una tecnologia poco pratica per il raggiungimento dell'obiettivo finale per i seguenti motivi:

- Le polveri di risulta sono troppo sottili per essere maneggiate con facilità, richiedendo molti più accorgimenti rispetto ad una frantumazione più grossolana.
- Le polveri tendono ad agglomerarsi ed impastarsi tra loro, rendendo di fatto impossibile le successive fasi di separazione.

Questo processo deriva dal campo chimico e farmaceutico, ma viene già utilizzato per il recupero di alcune materie plastiche.

Salvo per la micronizzazione, tutte le tecniche precedentemente citate hanno l'opportunità di tritare e macinare i materiali presenti sulle unità da diporto se muniti delle corrette lame/martelli. Chiaramente le difficoltà sono molteplici e dipendono principalmente dalle caratteristiche di alcuni materiali presenti. Solitamente queste caratteristiche sono:

DUREZZA: questo dato, espresso attraverso la scala di Mohs, determina se un materiale è tenero, semi duri o duri. I materiali duri sono frantumabili ma necessitano di lame particolarmente costose.

ADESIVITÀ: un'alta adesività dei materiali, specie in caso di polverizzazione, crea il rischio di aderenza e creazione di agglomerati. In questo caso si suggerisce una co-macinazione con l'aggiunta di eccipienti inerti.

TEMPERATURA DI RAMMOLLIMENTO: le fasi di triturazione e di macinazione generano un calore che può rammollire alcuni materiali, rendendoli pastosi e difficili da macinare. In questi casi si deve procedere ad una frantumazione lenta che mantenga bassa la temperatura di esercizio.

CONTENUTO DI UMIDITÀ: alcuni materiali possono avere assorbito un dose elevata di umidità e durante la triturazione rischiano di impastare. La soluzione migliore sarebbe procedere ad un trattamento di essiccamento preventivo.

PLASTICITÀ: Alcuni materiali, specie a base polimerica, possono avere un grado di plasticità elevato che ne rende difficile la macinazione. In questo caso si risolve con più passaggi dal più grezzo al più raffinato.

Tra i possibili materiali antagonisti dell'ipotetica triturazione complessiva di un'unità da diporto in termini di durezza ci sono sicuramente tutti i profili metallici dagli spessori elevati presenti nell'apparato propulsivo ed in particolare nei gruppi endotermici. Ad esempio la testata dei motori o il loro basamento possono danneggiare le lame ed i martelli o peggio distorcere gli alberi motore del frantumatore, come anche i pistoni forgiati dal pieno. In realtà attualmente esistono dei frantumatori a quattro alberi in grado di lavorare anche motori endotermici ma comportano una continua manutenzione correlata ad alti rischi di danneggiamento tali per cui quasi nessun demolitore si fa carico della loro separazione, se non manualmente.

Nell'ottica della proposta di triturazione dell'intera unità da diporto, fatta eccezione per le porzioni contaminate, è quindi necessario prendere in considerazione una valida alternativa specificamente mirata alla riduzione volumetrica dei blocchi motore.

Presse frantumatrici:

Per questo motivo alla precedente ricerca di frantumatori generici è opportuno aggiungere la categoria di frantumatori al momento più adatta al trattamento di motori endotermici, ovvero le presse frantumatrici dentate. Quest'ultime lavorano grazie ad una spinta idraulica orizzontale che tratta i blocchi motore sia a compressione che a taglio grazie alle nervature e/o denti posti all'estremità delle presse. (Fig. 17)

In questo modo è possibile sbriciolare i motori endotermici con una pezzatura del materiale di risulta molto variabile. Presse di questa natura sono solitamente personalizzabili in volume trattabile e potenza di compressione. Al momento vengono utilizzate per la frantumazione di motori di automobili e camion.

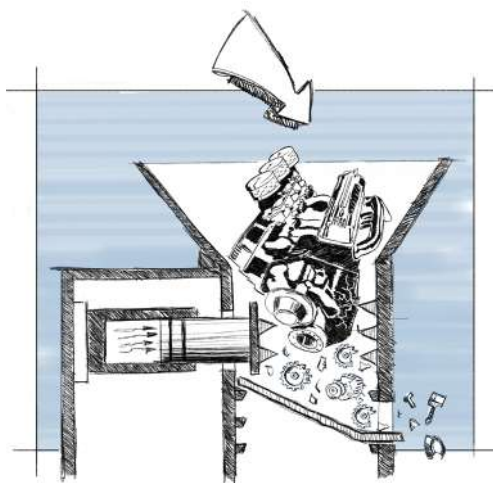


Fig. 17

1.2.3 Dimensione massima dei frammenti

*¹Frantumazione a cilindri con martelli e successiva vagliatura presso la Ferdeghini Agostino S.r.l., Follo (SP);
Frantumazione a lame, macinazione e vagliatura con estrazione metalli ferrosi presso la ECO COPPER S.r.l., Carasco (GE);
Riduzione volumetrica tramite frantoio a cilindri con martelli presso la Re.VETRO S.r.l., Pian Di Rocco (GE).*

1.2.4 Ricerca di tecnologie per la separazione dei materiali

Una grande incognita è la dimensione che deve raggiungere la graniglia affinché avvenga il distacco dei vari materiali tra loro.

È difficile rispondere a questa domanda poiché dipende da materiale a materiale, ma soprattutto dalla tipologia di giunzione che li univa tra loro. In linea generale più il granulato riesce ad essere uniformato e ridotto di volume meglio è, ma la raffinazione è un processo costoso che può non giustificarsi economicamente; la strategia migliore quindi è quella della ricerca di un compromesso che rimpicciolisca la frazione di uscita senza arrivare a polveri estremamente leggere.

Grazie all'osservazione sul campo di differenti tecnologie di frantumazione¹ e alle prove permesse dalla disponibilità di operatori addetti alla demolizione per il riciclo, è stato valutato che una sola frantumazione fino a 5 millimetri non è sufficiente al distacco dei materiali giuntati con le tecnologie analizzate nel Volume 1, ma si rende necessaria una fase di macinazione ulteriore.

I motivi principali sono due:

- Con una macinazione anche grossolana (inferiore al millimetro) le componenti che restano incollate tra loro sono ridotte al minimo. Inoltre, anche in caso di giunzione meccanica, le viti più piccole rilevate (raramente) appartengono alle componenti di determinati circuiti elettrici e hanno una lunghezza sempre superiore a 1,3 millimetri quindi, scendendo sotto al millimetro di macinazione, eludiamo la possibilità che due scaglie restino giuntate;
- La frantumazione porta ad una grande eterogeneità di forma e dimensione delle scaglie ottenute che, come vedremo in seguito, rende difficoltose le fasi di separazione. Con la macinazione al contrario si ha più controllo dei parametri della frazione in uscita.

La terza ed ultima incognita riguarda il come comportarsi di fronte all'agglomerato di frammenti eterogenei derivanti dalla frantumazione.

Attualmente in campo nautico la separazione delle componenti avviene a monte della frantumazione, in modo che ogni materiale possa essere lavorato a sé nelle fasi di riciclo dedicate. Affinché sia possibile procedere ad un corretto riciclo anche nel caso di uno smaltimento PSS, è obbligatorio capire se ci sono e quali sono le tecnologie adatte a separare i materiali già ridotti in graniglia o polvere.

Al giorno d'oggi la separazione di graniglia o polveri di differente natura è un processo già utilizzato nel settore dello smaltimento dei rifiuti, principalmente per l'estrazione di metalli sia ferrosi che non ferrosi. Come vedremo di seguito, la separazione automatica si concentra nella maggior parte delle volte su componenti con un numero limitato di materiali, o comunque richiede che i materiali siano costanti, così da ottimizzare al meglio le performance dei

macchinari separatori. Nel caso di un'unità da diporto invece queste costanti vengono meno visto l'alto numero di materiali presenti e le enormi differenze tra una barca ed un'altra che rendono impossibile definire un filtro comune.

Per questi motivi sono stati analizzati differenti metodi di separazione, valutando la possibilità di utilizzarli combinati in serie per ottenere un risultato soddisfacente. È utile precisare che le seguenti descrizioni includono solo le tecnologie selezionate come utilizzabili e/o adattabili, tra cui alcune già impiegate nel mondo della separazione di materiali per il riciclo mentre altre sono potenzialmente importabili da settori esterni. In generale, i diversi metodi di separazione sfruttano le diverse proprietà fisiche possedute dai materiali, tra cui:

- Dimensioni
- Densità
- Resistenza aerodinamica
- Inerzia
- Magnetismo
- Conduttività elettrica
- Proprietà ottiche

Separazione dimensionale

Tra i processi più utilizzati in ogni settore in cui è richiesta una separazione c'è la vagliatura, anche detta "separazione dimensionale", derivante dalle tecniche di setacciatura. È quindi chiaro come in questo caso il filtro di selezione si basa sulla forma e sulle dimensioni, ovvero la pezzatura dei materiali da suddividere. Questa separazione avviene grazie a macchinari appositi chiamati vagli che altro non fanno che interporre al flusso dei materiali differenti filtri meccanici aventi fori della dimensione richiesta, che solitamente si aggira dai 2 ai 10 cm. Esistono vagli con un solo step di filtraggio detti vagli mono-stadio, mentre altri che invece susseguono diversi filtri per ricavare differenti frazioni di uscita prendendo il nome di pluri-stadio.

Grazie ai vagli pluri-stadio è possibile selezionare ed isolare i singoli materiali di partenza con gradi di purezza accettabili. Il processo di vagliatura deve essere opportunamente progettato per ottenere il maggior grado di purezza possibile, specialmente per quanto riguarda la tipologia di filtri e il loro ordine di collocazione.

Ad esempio, nei processi di vagliatura dei rifiuti urbani, questa tecnologia permette di separare i materiali ingombranti da quelli più piccoli, i materiali leggeri combustibili (frazione secca) da quelli pesanti non combustibili (frazione umida), il vetro e la sabbia dai materiali combustibili, la carta la plastica ed il vetro dalla componente metallica.

La separazione dimensionale solitamente suddivide i materiali entranti in due flussi che prendono il nome di:

- **Sottovaglio:** materiale separato e raccolto nelle apposite vasche dette tramogge poste sotto al separatore;
- **Sopravaglio:** componente residua contenente quei materiali che non sono passate attraverso le maglie dei filtri di separazione. Questa flusso talvolta viene chiamato anche sovravaglio.

Portando avanti l'esempio dei rifiuti urbani, molti paesi ancora non procedono con la raccolta differenziata, trovandosi quindi di fronte alla necessità di separare a posteriori. La separazione dimensionale applicata ai rifiuti provenienti dalla raccolta indifferenziata produce un sottovaglio contenente metalli, legni, inerti e vetri detta frazione pesante, ed un sottovaglio costituito da carta, plastica e rifiuti organici, ovvero la frazione leggera.

Esistono differenti metodi di vagliatura a seconda del macchinario impiegato, tra cui spiccano i vagli a tamburo, i vibrovagli e i più recenti vagli a dischi.

- **VAGLI A TAMBURO:** attualmente i vagli a tamburo sono i più utilizzati e ne esistono di differenti forme e dimensioni. Principalmente ciò che varia oltre alla trama delle maglie dei filtri sono la lunghezza del tamburo ed il suo diametro, ma anche l'inclinazione dell'asse di rotazione del tamburo e la velocità di rotazione. Il processo di vagliatura a tamburo è molto semplice: viene immesso il rifiuto dall'estremità superiore del tamburo, che altro non è che un cilindro composto dalla maglia separatrice. Per mezzo della rotazione del cilindro e della sua inclinazione, il rifiuto scende verso l'estremità inferiore del tamburo rivoltandosi più volte ed entrando continuamente in contatto con la maglia del vaglio. Questo permette la fuoruscita delle sole componenti granulometricamente inferiori alla maglia stessa che vengono così raccolte nella/nelle tramogge sottostanti. La parte restante al contrario raggiunge la fine del tamburo e può essere vagliata altre volte con filtri sempre differenti. Alcune tipologie di vaglio a tamburo possono essere pluri-stadio, disponendo cioè differenti sezioni del cilindro con maglie progressivamente crescenti così da separare il flusso in diverse frazioni dalla differente granulometria. (Fig. 18)

- **VIBROVAGLI:** una seconda tipologia di vaglio, ben più simile al concetto di setaccio che tutti abbiamo in mente, è quella adottata dai vibrovagli. Quest'ultimi sono composti da un telaio di sostegno con

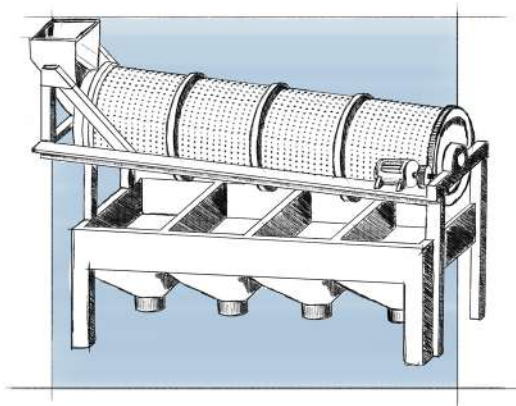


Fig. 18

all'estremità più alta una cassa oscillante in cui viene inserita la graniglia. Questa cassa è dotata di una griglia forata posta alla base che permette la caduta del materiale lungo il piano di vaglio inclinato e dotato di piastre forate. Anche per i vibrovagli, nel caso di macchinari pluri-stadio, le piastre vengono disposte in serie con una maglia dai fori progressivamente crescenti. Sotto ad ogni piastra forata trovano alloggio le rispettive tramogge di raccolta. I vagli di questo tipo derivano dall'agricola, in particolare per il setaccio di semi e cereali da altri elementi esterni. (Figg. 19, 20)



Fig. 19



Fig. 20

- **VAGLI A DISCHI:** quest'ultima tipologia di vaglio è la più e trova largo impiego nella separazione dei rifiuti. Nel particolare, la vagliatura a dischi è utilizzata con successo per la separazione di prodotti cartacei e plastici provenienti dalla raccolta differenziata, ma anche per il trattamento del rifiuto solido misto, ovvero l'indifferenziata. Questi vagli sono composti da una serie di assi rotanti paralleli, installati trasversalmente al passaggio dei rifiuti e tutti su uno stesso piano, attorno ai quali vengono poi montati dei dischi di varia sagoma a formare una griglia. Questi dischi possono essere ovali, esagonali o scanalati con le forme più indicate a seconda della tipologia di rifiuto e hanno il duplice compito di far scorrere il materiale e in contemporanea filtrarlo. Infatti la graniglia con la pezzatura maggiore resta in superficie, come anche la più leggera, sospinta da questi dischi lungo il piano di vaglio fino a raggiungere il termine del circuito. Gli stessi dischi invece lasciano cadere tra un interstizio e l'altro la frazione più piccola e più pesante che viene raccolta quindi nelle tramogge. I vagli a dischi offrono un ampio range di variabilità della pezzatura, suddividendo così il prodotto vagliato in più frazioni di risulta rispetto alle normali vagliature con un grado di purezza maggiore. (Figg. 21, 22)

Per di più grazie alla tecnologia a dischi rotanti non solo restano più puliti i materiali sottoposti al processo, ma anche il vaglio stesso, evitando le frequenti occlusioni a cui sono soggetti invece i vagli tradizionali.



Fig. 21

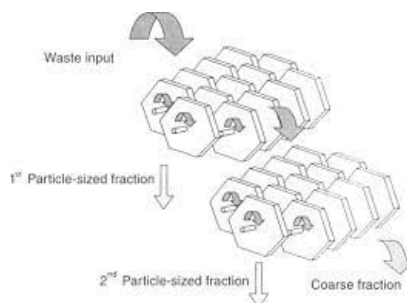


Fig. 22

Separazione Gravimetrica

Un secondo metodo di separazione utilizza come fattori discriminanti le differenti densità e resistenze aerodinamiche che possono avere le componenti da separare.

Questa tecnica nasce nell'agricola per la separazione delle varie sementi, ma anche delle sementi da altre impurità, sfruttando la densità appunto oltre alla rugosità superficiale. Attualmente è stata importata nella filiera del trattamento dei rifiuti come raffinazione aggiuntiva alla già avvenuta fase di vagliatura, operando così sulle frazioni di uscita composte da sottovaglio, più piccolo e pesante, e del sopravaglio, dalle dimensioni maggiori ma più leggero.

Come per la vagliatura, anche la separazione gravimetrica permette di impiegare sistemi differenti, tra cui i principali sono i classificatori ad aria, i classificatori a letto fluido ed i separatori balistici.

- **CLASSIFICATORI AD ARIA:**

I classificatori appartenenti a questa categoria, noti anche come separatori aeraulici, sfruttano le diverse geometrie dei canali all'interno dei quali vengono convogliate le particelle da separare. In particolare si distinguono i classificatori a colonna verticale, quelli a "zig-zag" e quelli ad aria pulsante. (Fig. 23) Nel primo caso, quindi nel classificatore a colonna verticale, la graniglia da separare viene introdotta dall'alto per poi essere investita da una colonna d'aria costante che trascina verso la sommità le parti più leggere, lasciando invece depositare sul fondo del condotto la frazione più pesante. In linea generale

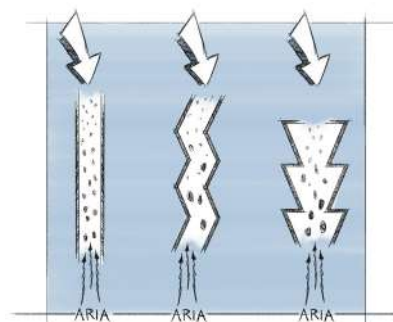


Fig. 23

l'efficienza di separatori aeraulici di questa natura varia in base alla velocità del flusso d'aria, dalla portata di materiale immettibile in ingresso e quindi dalle dimensioni della sezione della colonna stessa. Se il condotto invece presenta dei deflettori interni, quindi nel caso dei condotti a "zig-zag", il flusso d'aria che lo attraversa genera delle forti turbolenze che investono il materiale sbattendolo ripetutamente contro le asperità del condotto, migliorando la percentuale di separazione vista la frantumazione in ulteriori piccole parti che si genera. In ultimo vi sono i classificatori ad aria pulsante, di concezione molto più recente rispetto ai primi due. All'interno del canale sono presenti delle asperità a dente di sega che impongono al flusso d'aria diversi regimi di velocità, facendo sì che in quest'ultimo caso il flusso d'aria non sia costante come invece è nei primi due. Questa continua variazione agevola il processo di separazione dei materiali sfruttando le possibili diverse velocità di sedimentazione della parti. (Fig. 24) In tutti

e tre i casi l'estrazione della frazione pesante non risulta un problema visto il suo depositarsi sul fondo; al contrario la frazione più leggera resta facilmente all'interno del flusso d'aria e la sua estrazione dalla condotta risulta più problematica. Per questo al termine dei circuiti è suggerito l'inserimento di un sistema ciclonico decantatore che estragga il materiale solido

leggero dalla corrente d'aria. Nonostante l'impiego di questa tecnologia, l'estrazione della frazione leggera non è ancora assicurata al 100% quindi, prima che il flusso d'aria rientri in circolo o venga immesso nell'atmosfera, si introduce un filtro a maniche che trattienga gli ultimi residui. Esiste poi un quarto tipo di separatore aeraulico, detto classificatore a coltello, che ben si adatta alla separazione di particelle aventi dimensioni relativamente uniformi, sfruttando appieno le differenze di densità come elemento discriminante. La grande differenza tra i separatori aeraulici tradizionali è che in questo caso il materiale entrante viene investito lateralmente dal flusso d'aria e non dal basso. (Fig. 25) Il getto laterale allontana la frazione più leggera mentre quella pesante continua la sua caduta non risentendo dell'azione di trascinamento. In corrispondenza delle tramogge di raccolta avremo nuovamente una frazione pesante ed una leggera ma nettamente meglio separata rispetto

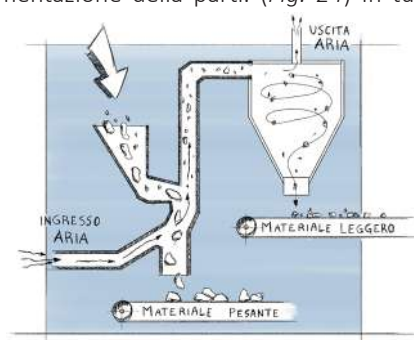


Fig. 24

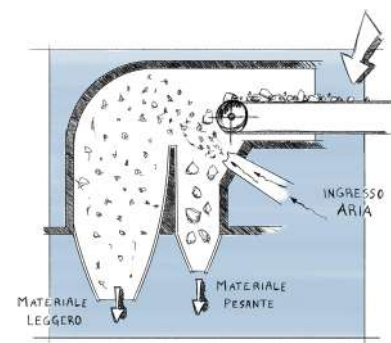


Fig. 25

alle separazioni tradizionali; questo miglioramento è da considerarsi direttamente proporzionale all'uniformità di forma e dimensione delle particelle in entrata. La separazione aerea in generale, se correttamente tarata sulle densità dei materiali in entrata, è in grado di arrivare ad una buona separazione, estraendo in particolar modo frazioni pesanti come metalli e vetro. Di seguito una tabella con le percentuali di intercettazione media dei materiali da parte di separatori aereali sul mercato. (Tab. 03)

Intercettazione media separatori aereali	
Frazioni	% intercettazione
Organico	70%
Carta	6%
Plastica	5%
Vetro + inerti	97%
Metalli	97%
Legno	6%
Sottovaglio	70%

Tab. 03

- **CLASSIFICATORI A LETTO FLUIDO:**

La seconda categoria di separatori gravimetrici sono quelli al letto fluido, che possono lavorare sia a secco che ad umido. Essi sono costituiti da un piano vibrante in materiale poroso e lievemente inclinato, intorno ai 5° di pendenza, che viene attraversato da un flusso d'aria. (Fig. 26) Combinando il sostentamento dato dall'aria e quello vibrazionale del piano di appoggio, si genera un processo di fluidificazione e di stratificazione dei materiali in base alle differenti velocità di sedimentazione. Il materiale più leggero

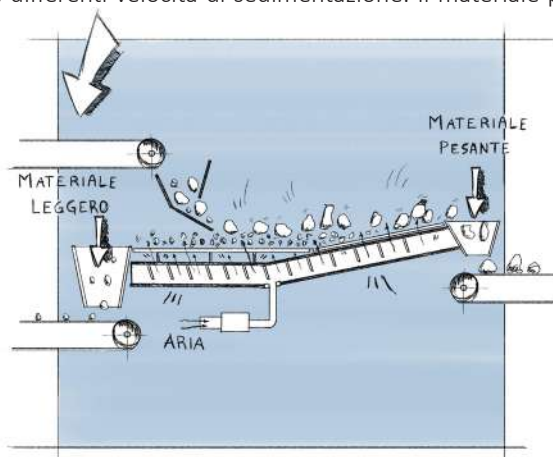


Fig.26

Infatti resta in sospensione sul letto d'aria e per gravità andrà a depositarsi nella parte inferiore del piano inclinato; al contrario la frazione più pesante che resta a contatto con il piano viene trasportata verso l'altro per effetto delle vibrazioni. L'impianto schematizzato in figura è un tipico esempio di separatore a letto fluido che opera a secco. Come abbiamo anticipato esistono anche separatori a letto fluido ad umido, così chiamati per via dell'aggiunta di un liquido separatore composto da una miscela di acqua e soluzioni saline oppure polveri di magnesite e ferrosilicati. Oltre al solito principio di vibrazione applicato alla pendenza del piano, l'addizione tra le particelle di questo fluido dotato di una propria densità ed un suo peso specifico, facilita la sospensione di quelle più leggere lasciando invece depositare sul fondo quelle più pesanti.

- **CLASSIFICATORI BALISTICI:**

Infine tra i separatori gravitazionali abbiamo i separatori balistici, di cui ne esistono due versioni: quelli che utilizzano la densità come elemento discriminante e quelli invece che sfruttano le diverse elasticità dei materiali. Nel caso di separatori per densità, il processo non avviene tramite un soffiaggio d'aria, bensì sfrutta il fatto che a parità di accelerazione i materiali più pesanti vengono letteralmente sparati (da qui prende l'appellativo di "balistico") ad una distanza maggiore. Il funzionamento è piuttosto semplice e consiste nel prelevare piccole quantità di materiali da un'apposita tramoggia posta superiormente ad un rotore il quale gli impone una forte accelerazione che proietta le particelle all'interno di una camera chiusa. Sul fondo della camera vi sono le bocche delle diverse tramogge, poste a distanze differenti, basandosi sul principio per cui i materiali più leggeri copriranno una traiettoria minore in confronto a quelli pesanti che invece raggiungeranno le bocche più distanti. (Fig. 27)

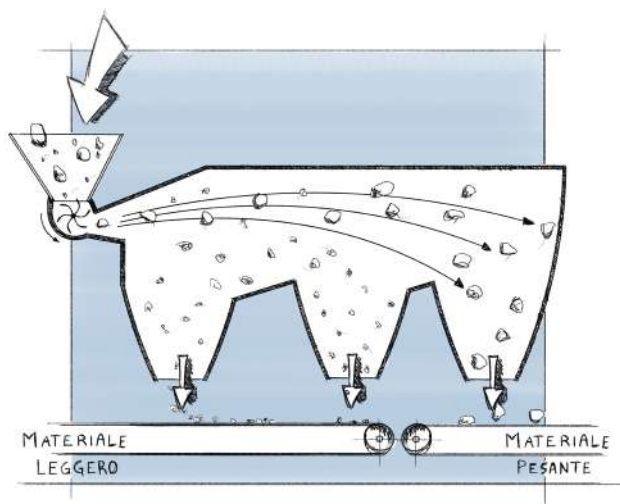


Fig.27

Al contrario, un separatore balistico che si basa sulle diverse elasticità dei materiali non sfrutta la distanza di volo quanto l'efficacia di rimbalzo. Tra i più utilizzati troviamo i separatori a dischi, che utilizzano un nastro trasportatore ad alta velocità che lancia le particelle contro un disco elastico gommato che ruota ortogonalmente alla traiettoria di lancio. Urtando il disco in movimento le componenti seguiranno traiettorie differenti a seconda della loro elasticità, venendo così raccolte in diverse tramogge alla base della camera di separazione. (Fig. 28)

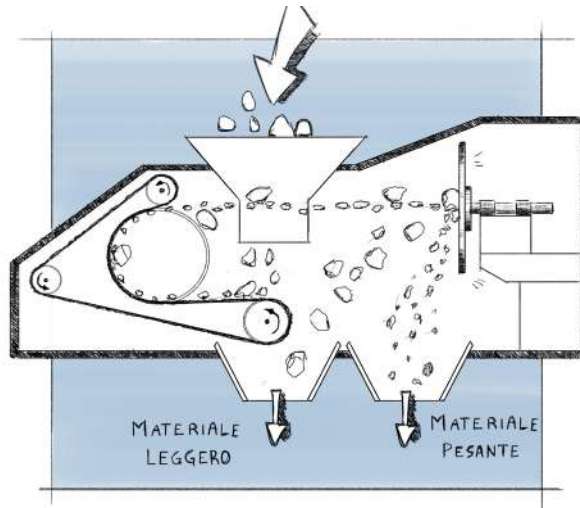


Fig.28

3. Separazione per magnetismo e conduttività elettrica

L'estrazione dei metalli dal composto di risulta della frantumazione complessiva è tra gli aspetti più importanti poiché, insieme al legno e al vetro, sono tra i pochi materiali reimportabili nel ciclo produttivo come effettive materie prime seconde. Come abbiamo già analizzato nel volume 1- PREVENIRE, le tecnologie di separazione dei metalli sono processi già ampiamente roditi del settore delle demolizioni, specialmente nell'automotive, dove rappresentano la quasi totalità della percentuale riciclabile.

Per completezza citeremo anche in le tecniche di separazione dei metalli anche in questo secondo volume. Innanzitutto è opportuno considerare che i metalli possono dividersi in due grandi categorie: i metalli ferrosi e i metalli non ferrosi. La presenza di ferro all'interno del metallo chiaramente agevola la sua estrazione grazie alle proprietà magnetiche dei materiali. In realtà, essendo comunque ottimi conduttori anche i metalli non ferrosi, è possibile indurre un campo magnetico che ne permette la separazione dalla restante frazione.

Sia che si tratti di separatori per metalli ferrosi che non ferrosi, la grande maggioranza di essi si divide in separatori a tamburo e separatori a nastro.

- **SEPARATORI MAGNETICI A TAMBURO:**
Nei separatori di questo tipo, il nastro trasportatore dentato scorre tra due pulegge. All'interno della seconda puleggia è posizionato un magnete

che servirà a trattenere momentaneamente la frazione metallica ferrosa presente per un tratto adiacente al tamburo superiore rispetto alla frazione non ferrosa che quindi, lasciata libera di cadere, seguirà una diversa traiettoria. (Fig. 29)

Solitamente un solo passaggio non è sufficiente ad ottenere un grado di pulizia della frazione ferrosa utile per il riciclo poiché accade che parte della frazione non ferrosa, incastrata a quella ferrosa, venga erroneamente smistata. Per questo si può procedere a più passaggi o, in alternativa, esistono macchinari separatori a doppio tamburo magnetico che risolvono il problema delle contaminazioni con una percentuale del 95%. In questo caso, la frazione ferrosa viene trasportata da un nastro raggiungendo un secondo tamburo magnetico. Solitamente quest'ultimo è più piccolo del primo e lavora in moto rotatorio contrario a quello del flusso di materiale da trattare, così da scongiurare il rischio di ulteriori fenomeni di trascinamento del materiale non ferroso. (Fig. 30)

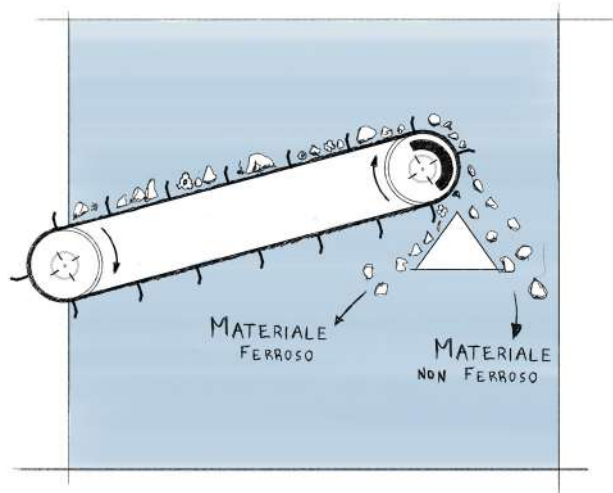


Fig.29

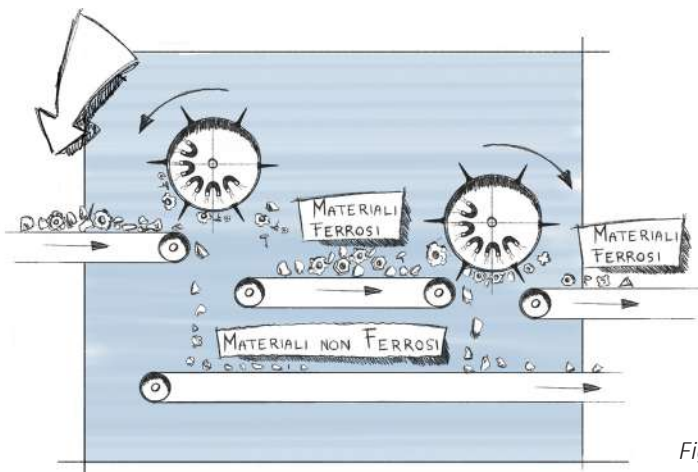


Fig.30

- **SEPARATORI MAGNETICI A NASTRO:**

La seconda famiglia di separatori magnetici comprende quelli a nastro, che sfruttano un magnete posto tra le due pulegge di un nastro trasportatore palettato. Questo circuito indipendente viene sovrapposto perpendicolarmente al nastro trasportatore dei materiali in entrata che invece si interrompe, lasciando cadere la frazione non ferrosa, mentre quella ferrosa prosegue sulla porzione adiacente al magnete. (Fig. 31) Questi separatori sono in genere più complessi in termini di manutenzione e costi di mantenimento viste le componenti in più soggette ad usura rispetto ai tradizionali separatori a tamburo. D'altro canto però offrono un'accuratezza molto maggiore, arrivando ad una percentuale di intercettazione pari al 99%.

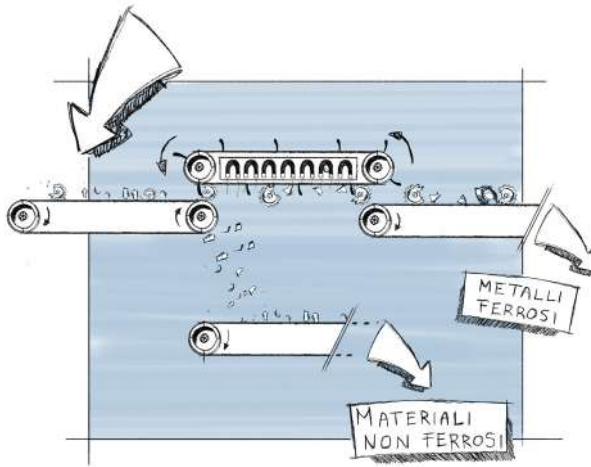


Fig. 31

- **SEPARATORI A CORRENTI INDOTTE:**

Sempre appartenenti ai separatori per metalli, ma questa volta adatto a separare anche i metalli non ferrosi, sono i separatori a correnti indotte, anche chiamati ECS (Eddy Current System) proprio per via del principio di separazione che hanno alla base. Questi separatori infatti sfruttano il principio fisico per cui un qualsiasi corpo metallico che attraversa un campo magnetico variabile è soggetto ad una forza di repulsione che lo allontana dalla fonte del campo magnetico stesso. (Fig. 32)

In base a questo principio quindi i separatori a corrente indotta presentano un rotore magnetico con linee di campo a polarità alternata lungo la circonferenza. Questo rotore ruota a velocità molto elevata all'interno del tamburo attorno al quale scorre il nastro trasportatore, generando un campo magnetico che respinge così la frazione metallica non ferrosa che parte così sulla tangente, venendo separata dalla parte inerte e da

quella metallica ferrosa. Successivamente la frazione inerte cade per gravità nella tramoggia centrale, mentre la componente metallica ferrosa rimane adiacente al nastro per un ultimo tratto per poi cadere a sua volta nell'apposita tramoggia una volta allontanatasi dall'effetto del campo magnetico indotto.

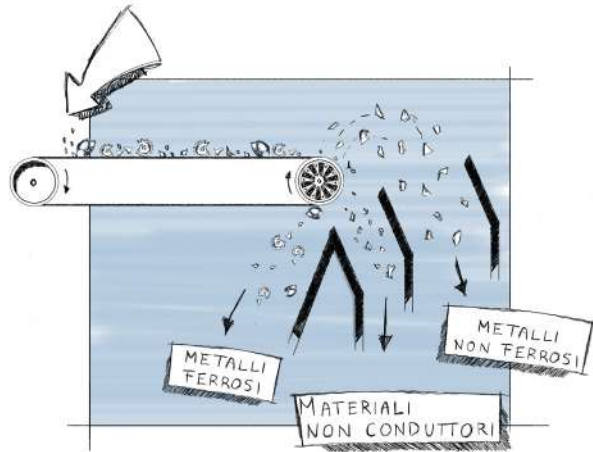


Fig. 32

1.2.5 Prima divisione dei materiali in seguito alla frantumazione di un'unità da diporto

Basandoci sul parco nautico attualmente in disuso, costruito quindi senza applicare logiche preventive di disassemblaggio programmato o sensibilità alcuna in merito alle percentuali di riciclo a fine vita, i materiali verosimilmente presenti a bordo di unità da smaltire abbiamo visto essere molti. Nonostante questo, non è necessario separare ogni materiale presente, bensì sarà sufficiente suddividere il totale in tre categorie di materiali che subiranno successivamente ulteriori trattamenti:

- Frazione riciclabile: si deve procedere all'estrazione di ogni materiale che, in seguito ad opportuni trattamenti, può essere nuovamente immesso nel ciclo produttivo come materia prima seconda o comunque essere reimpiegato;
- Frazione termovalorizzabile: è opportuno estrarre quei materiali atti ad essere inceneriti nei termovalorizzatori per la produzione di energia e/o calore;
- Frazione Residua: percentuale composta dalla restante parte dei materiali che non possono né essere riciclati o riutilizzati né bruciati nei termovalorizzatori per la produzione di energia.

1.2.6 Metodologia della sperimentazione

Come per il Volume 1-Prevenire, anche questa seconda fase ha visto necessario seguire una metodologia ben precisa che delineasse la spirale di progetto per l'avvicinamento agli obiettivi predefiniti.

Una volta discusse e ragionate le ipotesi, è opportuno procedere nel valutare il reale interesse della proposta di un processo PSS, definendo una possibile linea strategica, cosa che avverrà nel prossimo capitolo. Per confermare la validità della proposta infine si preventivano due step dimostrativi: il primo è caratterizzato da una fase sperimentale in cui vengono messe in pratica alcune delle tecnologie di frantumazione e separazione introdotte fino ad ora a livello teorico, mentre il secondo vedrà l'applicazione teorica del processo ad un caso studio reale e documentato.

La sperimentazione pratica sperimentazione pratica si compone in quattro step ben precisi:

- Costruzione dei campioni dimostrativi;
- Sperimentazione delle tecnologie di frantumazione sui campioni;
- Sperimentazione delle tecnologie di separazione sul materiale di risulta della frantumazione dei campioni;
- Analisi e conclusioni.

02. SPERIMENTAZIONE SU UNA SERIE DI CAMPIONI DIMOSTRATIVI

2.1 Introduzione

Prima di procedere alla stesura di una strategia di demolizione PSS è necessario valutare dal punto di vista pratico la riuscita di alcuni tra i passaggi più critici, analizzando le problematiche incontrate con la successiva proposta delle possibili soluzioni.

È quindi richiesta la costruzione di una serie di campioni fisici su cui sperimentare le diverse tecniche di frantumazione e successiva separazione.

Le seguenti operazioni che andremo ad effettuare sono mirate a creare un termine di paragone tra i vari metodi elencati a livello teorico quando applicati al caso studio “unità da diporto”. Conoscere i passaggi pratici è la prima fase che permette di procedere con cognizione di causa alla successiva ideazione teorica di uno stabilimento di demolizione PSS dotato di una sede fissa e di una stazione mobile.

2.1.1 Validità ed aspettative

L’unico vero vincolo affinché la sperimentazione possa essere considerata un termine di paragone valido è che le condizioni a contorno delle prove siano identiche. Per questo motivo ogni campione deve essere costituito dalla stessa quantità di materiali e nella stessa percentuale. Ogni fase viene trascritta e documentata fotograficamente.

È stato ritenuto opportuno mantenere i risultati anche delle sperimentazioni fallite in modo da tenere una documentazione completa che, in futuro, fornisca indicazioni e consigli su cosa evitare; tra l’altro, come vedremo nel corso delle prove pratiche, certe difficoltà ed imperfezioni hanno portato a sviluppi non considerati a livello teorico che hanno però permesso di proseguire in direzioni inaspettate.

Sono state sfruttate giornate simili non tanto in termini di temperatura atmosferica quanto di umidità, fattore particolarmente discriminante specialmente nelle fasi di macinazione più fine.

L’esito della fase sperimentale non è da ritenersi scientificamente valido quanto invece verosimile poiché, data l’eterogeneità dei materiali plausibili, i campioni rispecchiano solo una delle tante combinazioni che possono crearsi. Per questo motivo l’obiettivo non è definire delle regole e buone norme, ma ottenere una serie di informazioni preliminari su cui basare le successive fasi di ricerca, una base di esperienza che chiarisca le idee su cosa realmente significhi macinare e maneggiare tonnellate di materiali pericolosi insieme tra loro e raggiungere una prima consapevolezza delle difficoltà logistiche e tecnologiche a cui si può andare incontro.

**2.2.1
Identificazione dei materiali**

¹ Sempre di più, anche su natanti di piccole dimensioni, compaiono unità completamente customizzabili da parte del cliente, specialmente per quanto riguarda la scelta dei materiali.

2.2 Costruzione dei campioni

La costruzione dei campioni ha implicato una prima fase di selezione dei materiali da inserire.

A questo scopo è risultata fondamentale la tabella ricavata durante il percorso compiuto nel corso del primo volume, tabella che è stata sottoposta ad una serie di cantieri costruttivi di natanti ed imbarcazioni da diporto.

I cantieri selezionati sono costruttori di unità dai 6 ai 15 metri in composito, sia a vela che a motore, a cui è stato chiesto di spuntare i materiali da loro più utilizzati sui modelli di serie¹.

Così facendo è stata identificata una combinazione plausibile di materiali da assemblare tra loro per la creazione di una serie di provini da sottoporre alle prove pratiche di frantumazione, macinazione e separazione. Di seguito la tabella di riferimento utilizzata per la costruzione dei campioni. (Tab. 01)

Composizione Provini Sperimentali 7Kg			
Area	Materiale	Utilizzo	Densità Kg/ dm ³
SCAFO - COPERTA	Fibra di Vetro - E	Vetroresina	2,54
	Resina Epossidica	Vetroresina	1,04
	Compensato Marino di Okumè	Paratie	0,5
	Cloruro di Vinile (PVC)	Rinforzi	1,37 – 1, 43
	Zinco	Zinchi sacrificali	7,1
	Gelcoat	Pelle Scafo	1,19 ± 0,05
	Acciaio Inox	Giunti	7,98
	Poliuretano espanso rigido (PU) - High density	Rinforzi e coibentazione	0,06
	Poliuretano (PU) - schiuma	Isolamento	0,042
	Ottone	Scarichi	8,73
	Rame	Cavi elettrici	8,96
	Polietilene reticolato (PEX)	Condotte	0,98
	Polietilene alta densità (HDPE)	Condotte	0,95
	Neoprene	Guarnizioni	1,4
	EPDM 80 sh a	Guarnizioni	1,3
IMBONAGGIO - STRUTTURE	Balsa	Imbonaggio	0,15
	Legno di abete	Grezzo/imbonaggio	0,42
	HDF [High Density Fiberboard]	Grezzo	0,8
RIVESTIMENTI - COMPONENTI	Teak	Coperta/mobilio	0,65
	Alluminio	Varie	2,7
	Vetro	Varie	1,3
	Lattice	Cuscineria	0,065
	Memory Foam	Materassi	0,045
	Poliuretano Espanso	Materassi	0,025
	Tessuto fibre poliestere	Rivestimenti	1,38
	Moquette alta qualità poliestere	Rivestimento	0,42

Tab. 01

2.2.2
Sintesi delle
giunzioni tra
i materiali:
Assemblaggio

In base alla sperimentazione che andremo ad effettuare non è importante tanto la percentuale di presenza dei singoli materiali nei campioni quanto invece la realizzazione di contaminazioni verosimili e di giunzioni realmente utilizzate.

Per questo motivo sono stati selezionati i diversi metodi di giunzione più deleteri al fine del disassemblaggio: laminazioni a nastro a rinforzo di giunzioni meccaniche.

Questo significa che tra loro le componenti in vetroresina ed i pannelli in sandwich sono stati prima rivettati con l'interposizione di una guarnizione in EPDM e successivamente contro-laminati sia dall'esterno che dall'interno. All'esterno i provini sono stati poi ricoperti da gelcoat protettivo mentre all'interno da una schiuma poliuretanica isolante. Sono presenti due differenti sezioni in sandwich, la prima di PVC e la seconda con compensato di okumè, a rappresentare rispettivamente il sandwich di scafo/strutture e di paratie strutturali.

Il ragionamento di scegliere i casi più compromettenti è stato esportato anche nell'inserimento di imbottiture multistrato a differenti densità incollati tra loro. In particolare sono stati utilizzati sezioni di materassi composti da poliuretano espanso, lattice sintetico e memory foam.

I legni dell'imbonaggio (abete e balsa) sono stati invece giuntati meccanicamente con l'utilizzo di staffette in acciaio inox imbullonate.

I rivestimenti lignei (teak), grazie ad adesivi strutturali poliuretanici, sono stati ancorati sia alla vetroresina stessa che all'imbonaggio. All'interno dei campioni vi è inoltre la presenza di un grezzo in HDF a cui è stato incollato un quadrotto di moquette da 6,2 mm di altezza.

In ogni campione sono stati inoltre inseriti:

- Lampadine a led
- Profili in alluminio
- Tessuto in cotone
- Tessuto in poliestere
- Tubatura in acciaio Inox
- Tubi in HDPE
- Tubi intrecciati con maglia in Acciaio Inox ed anima in PEX
- Corrugati in PVC
- Cavi in rame e PVC
- Lastra di Plexiglass
- Giunti di condotte in ottone
- Vetro laminato con PVB
- Zinco sacrificale

La costruzione dei campioni è stata portata avanti in parallelo, procedendo per ogni esemplare con lo stesso *modus operandi*, stesse quantità di collante, proporzioni di Gc, numero di bulloni/rivetti e posizione degli elementi. (Fig. 01)

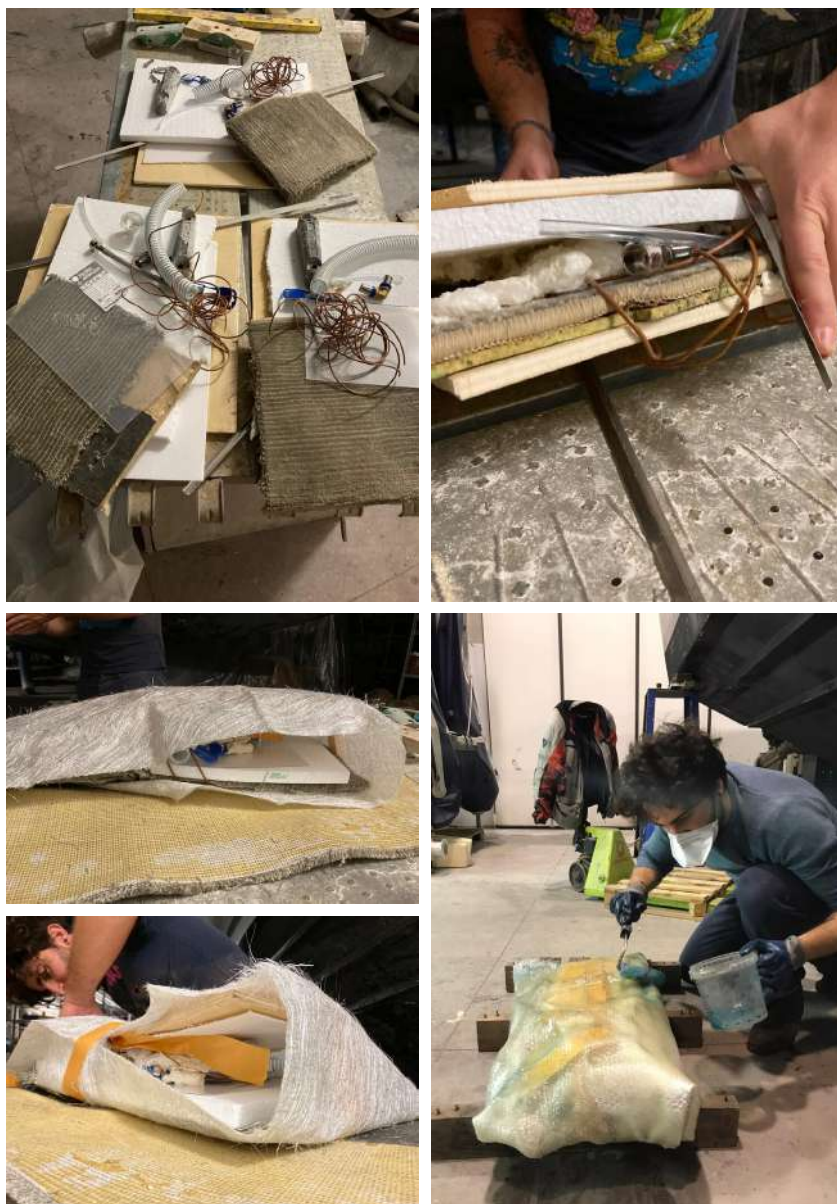


Fig.01

2.2.3 Limiti dimensionali del campione

Non avendo ancora la certezza della metodologia ottimale di frantumazione e specialmente dell'ordine migliore con cui svolgere le operazioni, sono state preventivate dimensioni tali da poter essere facilmente lavorate con qualsiasi macchinario.

Se ad esempio i frantumatori bialbero o quadri-albero a cilindri, classificati come frantumatori primari, possono ricevere un volume consistente di materiale in entrata (basti pensare alla frantumazione delle automobili), i macinatori a lame non hanno mai tramogge di ingresso particolarmente capienti. Per questo motivo, interpellando i centri di frantumazione presso i quali successivamente verranno portate avanti le sperimentazioni, sono state preventivate dimensioni di 60x40 cm di base e 20 cm di altezza, esclusi i materassi che invece verranno triturati a sé stante e miscelati in seguito per macchinari di piccola dimensione oppure in contemporanea per quelli di dimensione maggiore, senza per questo compromettere i risultati della sperimentazione. Ogni campione creato è stato pesato, mostrando una discrepanza massima di $\pm 0,1$ Kg su un totale medio di 7,00 Kg ciascuno. (Fig. 02)

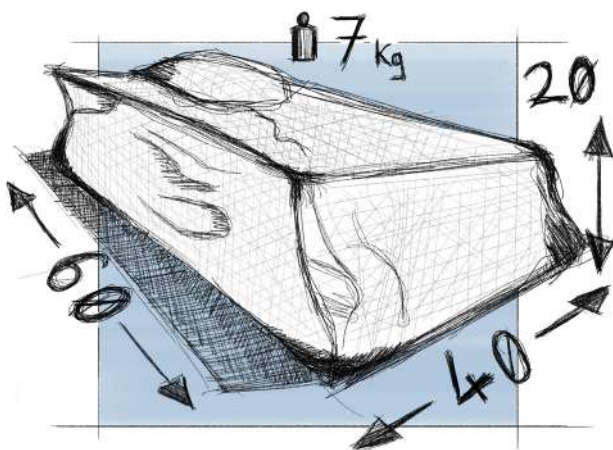


Fig.02

2.3.1 Premessa

¹Viti presenti in determinati circuiti della strumentazione elettronica, in alcuni elettrodomestici o negli AV – RACK.

2.3.2 Prova di tritrazioni 1 - macinatore martelli

²ECO COPPER S.r.l.
Loc. Terrarossa 689
Carasco (GE)

2.3 Shredding

Terminata la costruzione dei campioni, si passa alla vera e propria fase sperimentale.

La prima operazione da compiere è quella di valutare quale tecnica di frantumazione permetta di arrivare ad una pezzatura ottimale, tenendo conto del fatto che l'omogeneità di pezzatura è una prerogativa necessaria ai fini di una miglior separazione. È opportuno considerare che più piccole sono le componenti, meno si differenziano per peso e forma, il che non sempre facilita la separazione; al tempo stesso, se la pezzatura è troppo elevata, c'è il rischio che determinati pezzi incollati/laminati/avvitati non si distacchino tra loro, vanificando l'intero processo.

Come già introdotto nel capitolo introduttivo, la pezzatura stimata ottimale è intorno ad un millimetro di dimensione poiché la vite più piccola rinvenuta a bordo di unità da diporto è stata di 1,3 mm di lunghezza¹.

Viti e giunzioni meccaniche di queste dimensioni sono comunque molto rare da rinvenire, per questo motivo tra le tipologie di frantumazione è opportuno sperimentare anche quelle da cui risulta una pezzatura più grossolana. Infatti se per scendere al millimetro sono necessari obbligatoriamente due passaggi consecutivi in un frantumatore primario seguito da uno secondario, per una pezzatura maggiore potrebbe risultare efficace già un solo passaggio in un frantumatore primario. Per poter valutare ciò è necessario capire se un frantoio, che non scende ai livelli di un macinatore, è sufficiente a distaccare i materiali laminati e/o incollati. Se così fosse si ridurrebbero i costi di investimento iniziali, di manutenzione e al tempo stesso si ridurrebbero i tempi di lavorazione.

Nel corso delle sperimentazioni sono state valutate differenti tecnologie, in particolare però l'attenzione si focalizzata su frantoi a cilindri e macinatori a martelli, usati dapprima singolarmente e in seguito accoppiati in serie.

Buona parte dei macinatori a martelli richiede l'immissione di frammenti pre-triturati, agendo quindi come frantumatori secondari; questi molini riducono le scaglie in entrata a frammenti di pezzatura molto ridotta.

Nonostante questo sul mercato esistono dei macinatori a lame che scendono ad una pezzatura meno raffinata di un molino secondario ma in grado di gestire materiale in entrata più grezzo, con dimensioni che possono arrivare ad un volume di 1 metro cubo.

Questa seconda tecnologia ha suscitato da subito un grande interesse visti gli obiettivi della ricerca ed è stata la prima soluzione sperimentata.

La prova sperimentale è stata condotta presso la ECOCOPPER²S.r.l., un'azienda specializzata nel recupero di metalli e metalli non ferrosi, che si occupa di tritare i rifiuti, estrarne i metalli ed gestire le frazioni di risulta inviandoli agli enti di competenza.

L'azienda è in grado di lavorare ed estrarre i seguenti materiali:

- ALLUMINIO: semi-laminati, lattine, rottami di motori, utensili, rottami di tende da esterni, ecc.
- BRONZO: bronzine, raccordi, ingranaggi, cuscinetti, ecc.

- OTTONE: rubinetterie, tubi, maniglie, serrature, ecc.
- RAME: cavi elettrici, rottami vari, tubi, avvolgimenti, grondaie, raccordi, lamiere, ecc.
- ZINCO: attrezzature navali.
- PIOMBO: tubazioni, scossaline, ecc.

Il molino messo a disposizione è un monoalbero a martelli munito di una tramoggia di ingresso non particolarmente ampia; l'operatore ha infatti dovuto dividere il campione in due con l'utilizzo di una sega a gattuccio.

Nonostante la possibilità di lavorare il materiale, l'operatore ha ugualmente preferito rimuovere gli zinchi sacrificali per non rischiare di sbrecciare i martelli installati. I materiali metallici inseriti infatti non possono presentare un profilo superiore a 8-10 mm, mentre lo zinco sacrificale presente in ogni campione ne misurava 20 mm.

È stato utilizzato un setaccio sul fondo della camera di macinazione con fori da 2 mm.

Il processo di triturazione è durato circa 6 minuti, un tempo piuttosto notevole considerando i 7 kg di peso del campione. Il motivo di una durata dell'operazione così prolungata è stato la comparsa di due difficoltà piuttosto consistenti, che hanno dapprima rallentato il processo per poi obbligare in un secondo momento l'operatore ad effettuare un fermo di emergenza del frantoio.

(Fig. 03)



Fig. 03

Nello specifico, le problematiche sono state le seguenti:

- la componente in vetroresina si è sfibrata, assumendo una consistenza simile all'ovatta; particolarmente leggera, la discesa nel frantoio si è rivelata ostica poiché, per lo spostamento d'aria, tendeva a restare in sospensione nella camera di macinazione. (Fig. 04)

Questo inconveniente non ha causato particolari problemi e non un rallentamento del processo. Su una scala maggiore è però opportuno prestare attenzione a questo avvenimento poiché il raggiungimento della saturazione della camera di macinazione può portare ad un inceppo dei martelli e/o ad un pericoloso surriscaldamento del motore. Per questo è consigliabile non inserire in continuità le porzioni da frantumare allo svuotamento della tramoggia di ingresso, al contrario è opportuno attendere che la frazione precedente sia stata completamente scaricata nella tramoggia di uscita.

- Anche la seconda difficoltà è attribuibile ad una categoria di fibre, in questo caso però alle fibre di poliestere che compongono la moquette. Il quadrotto di moquette in poliestere inserito infatti, con il suo comportamento elastico, si è compresso a tal punto da avvolgersi al rullo a martelli ed inceppare così il frantoio. (Fig. 04) Scattata la sirena di allarme, l'operatore non ha potuto fare altrimenti che schiacciare il blocco di emergenza. Vista la compressione raggiunta,



Fig. 04



Fig. 05

2.3.3 Prova di triturazioni 1 - frantumazione a cilindri

¹RE. VETRO S.r.l.
VIA PIAN DI ROCCO
30
CARASCO (GE)

a nulla sono serviti gli sforzi per sfilare la moquette dai martelli; è stato necessario allentare i fianchi della camera di macinazione, aumentando il gap tra essi ed i martelli stessi, permettendo nuovamente la rotazione del cilindro.

- In conclusione, fatta eccezione per lo zinco sacrificale e per la moquette, è stato raggiunto l'obiettivo di triturazione di tutti i materiali presenti nel campione, raggiungendo una pezzatura di dimensione ottimale e con una buona omogeneità di forma. (Figg. 06, 07)



Fig. 06



Fig. 07

Viste le difficoltà ottenute nel trattamento dei campioni con un macinatore a martelli, è stata sperimentata una seconda tecnica più grossolana ma con meno limiti a livello dimensionale e di possibili materiali introdotti: la riduzione volumetrica attuata per mezzo di frantumatore a cilindri.

Il frantumatore a cilindri, al contrario del macinatore, è a tutti gli effetti un frantoio primario poiché permette l'immissione di materiale entrante di notevoli dimensioni non ancora lavorato per mezzo di nessun processo di riduzione. Da un punto di vista pratico inoltre offre la possibilità di trattare materiali molto più duri e profili dallo spessore maggiore.

Per provare ad applicare questa tipologia di frantumazione e valutarne le possibilità di utilizzo sull'oggetto "unità da diporto in vetroresina", è stata contattata la RE. VETRO S.r.l.¹.

Questa società ligure è attiva nel mondo dei rifiuti dal 1983, con un raggio d'azione che non si limita solo alla Liguria ma raggiunge il Piemonte, la Toscana e l'Emilia Romagna, operando in 132 comuni tra cui Genova, Livorno, Tortona e Voghera. La RE. VETRO si occupa della raccolta di rifiuti urbani di natura vetrosa, gestendo 5.000 campane stradali, ma non solo; nella sede principale infatti è presente un intero impianto di preselezione, triturazione e pressatura da cui transitano rifiuti per un totale di 30.000 tonnellate all'anno, tra cui ingombranti, vetro, carta e cartone, plastica, legno e metalli.

La motivazione principale per cui è stata selezionata questa azienda come partner della presente sperimentazione è che il frantumatore di loro proprietà è dotato di una serie di sensori in grado di informare il software che regola i parametri della lavorazione. Le informazioni elaborate infatti sono utili a differenti scopi, primo tra tutti quello di dare la possibilità di programmare il frantumatore affinché inverta la rotazione dei rulli ed adatti la distanza interposta tra loro così da "sputare" ciò che per la macchina è considerato intriturbabile. Se questa funzione nasce per preservare la longevità dei martelli, degli alberi motore e

dei motori stessi del macchinario in caso di inserimento di materiali non conformi, torna utile al fine della ricerca per estrarre senza dover smontare vite per vite le componenti metalliche con profili troppo importanti.

Un trituratore tradizionale ad esempio è in grado di frantumare buona parte di un motore endotermico ma, in caso di testate o basamenti importanti, rischia di danneggiarsi. Abbiamo comunque anticipato nella ricerca introduttiva la possibilità di frantumare in separata sede i blocchi motore grazie ad apposite presse frantumatrici dentate. (Fig. 08)



Fig. 08

Al contrario, le più recenti categorie di frantumatori sono in grado di “pulire” l’intriturabile, prelevando ciò che può essere frantumato ed espellendo lateralmente la restante parte non lavorabile che cade in una tramoggia dedicata. Tuttavia la percentuale di pulizia non è altissima poiché le componenti inadatte alla triturazione vengono espulse quasi istantaneamente per non consumare inutilmente i martelli. In realtà questo fatto non comporta un particolare limite per la ricerca se si considera che le componenti non triturabili presenti su un’unità da diporto sono riconducibili esclusivamente alle componenti metalliche ed in particolare al gruppo propulsivo, dove gli incollaggi sono quasi inesistenti e di conseguenza anche le contaminazioni.

Il trituratore a cilindri utilizzato presso l’impianto RE.VETRO è un macchinario a doppio albero di portata notevole, tanto che il campione è fuoriuscito in appena una decina di secondi dal suo inserimento. È stato però necessario ripetere l’operazione più volte poiché la distanza dei cilindri non era ottimale per la riduzione necessaria alla sperimentazione e per questo alcune componenti sono passate liberamente tra i denti uscendo indenni sull’apposito nastro palettato. (Figg. 09, 10)



Fig. 09



Fig. 10

Fortunatamente il frantumatore non ha riscontrato alcun problema nello sbriciolare metalli pieni come lo zinco sacrificale ne è stato corso il rischio di inceppo con tessuti e moquette; ciononostante il risultato finale non è da considerarsi ottimale al 100%. Nonostante i passaggi ripetuti varie volte infatti, cinque per l'esattezza, non è stato possibile ridurre il campione in scaglie inferiori a 5-10 cm, mantenendo quindi contaminazioni di materiali ben visibili già ad un esame visivo. (Figg. 11, 12, 13, 14)



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14

Nelle immagini si può notare infatti come sia ancora presente una grande varietà di componenti giuntate/incastrate/incollate tra loro che creano scaglie composte da più materiali non separati. (Fig. 13)

Sono visibili porzioni di pannelli laminati, tubature irrigidite da spirali metalliche, cavi elettrici integri, viti e bulloni ancora innestati in componenti lignee, strati di imbottiture incollate e molto altro. Risulta chiaro come neanche questa tipologia di frantumazione possa ritenersi sufficiente per procedere ad una successiva fase di separazione ma è sicuramente da tenere in considerazione per una riduzione volumetrica primaria.



Fig. 13

2.3.4 **Prova di** **triturazione 3** **- combinata**

Le ottime capacità di riduzione volumetrica offerte dal frantoio a cilindri non sono però sufficienti a raggiungere un distacco completo delle parti incollate o laminate, fatto visibile già ad occhio nudo. Nonostante questo, resta l'unico strumento al momento disponibile in grado di frantumare anche le componenti in leghe particolarmente tenaci che un normale macinatore a martelli non è in grado di frantumare.

Per questo motivo si prosegue con una terza sperimentazione mirata ad indagare i possibili vantaggi di una combinazione tra le due metodologie di frantumazione. Come già accade in più settori, ad esempio per la frantumazione del legno, si vuole sottoporre il campione ad una prima frantumazione grossolana con un frantoio a cilindri così da ridurlo in frammenti che verranno poi lavorati in un secondo passaggio con un macinatore a martelli. Procedendo in questa direzione si mira alla maggior omogeneità possibile della pezzatura e al distacco dei materiali a cui porta la macinazione, senza tuttavia incappare in quelle problematiche riscontrate nel corso della prova di triturazione 1 a causa della mancanza di una pre-demolizione dei materiali più problematici.

Così facendo la macinazione, che nella prima fase giocava il ruolo di riduzione primaria, diventa ora una raffinazione secondaria preceduta dalla frantumazione primaria a rulli.

Per tale operazione sono state nuovamente interpellate le società RE.VETRO ed ECO COPPER e, per merito della combinazione delle tecnologie da loro impiegate, sono state liminate le difficoltà incontrate nei due processi quando affrontati singolarmente.

La pre-frantumazione presso l'impianto della Re.Vetro ha infatti permesso di ridurre il volume dei materiali particolarmente ostici, rendendone possibile l'ulteriore lavorazione tramite il macinatore a lame dell'azienda ECO COPPER.

Il passaggio primario nel frantumatore ha inoltre stracciato le componenti tessili, riducendo drasticamente la lunghezza delle fibre, evitando quindi che il molino secondario si impastasse come nel primo tentativo. In questo modo è stato possibile portare a termine il processo senza arresti di emergenza.

Inoltre intercambiando la griglia di vaglio del macinatore è possibile arrivare, volendo, a pezzature particolarmente ridotte (0,5 – 1 mm), anche se diventa più complessa la successiva separazione poiché si uniformano drasticamente le differenze di peso delle singole briciole. Inoltre andando a ridurre sensibilmente i fori di uscita si rischia di intasare il molino poiché i tessuti tendono a cotonare restando in camera di macinazione. Nelle seguenti immagini si possono vedere i risultati di due prove di macinazione:

1. Nella prima si nota come fibre e tessuti si siano cotonati in batuffoli a sé stanti, senza che si riuscisse a ridurli volumetricamente al pari degli altri materiali. (Fig. 14)
In questo caso è necessario stoppare il macchinario ed estrarre manualmente le fibre dalla camera di macinazione.



Fig. 14

2. Nella seconda immagine invece è stato frantumato solo materiale rigido, escludendo imbottiture, tessuti e componenti in vetroresina. (Fig. 15) È chiaro come il risultato sia molto più omogeneo ed uniforme ma non appetibile da un punto di vista economico nell'ottica di un processo industrializzato poiché implica obbligatoriamente una prima scrematura manuale dei materiali da inserire.



Fig. 15

2.4.1 Preparazione

2.4 Separazione primaria

Una volta confermate le potenzialità della combinazione in serie di frantumazione e di macinazione è opportuno procedere con il secondo step di sperimentazioni: come affrontare la problematica della separazione dei vari materiali ridotti in graniglia.

Per procedere è utile ragionare sulle differenze tra le proprietà fisiche dei materiali presenti nel miscuglio, tra cui principalmente igroscopicità, conduzione magnetica, peso specifico e densità.

A livello teorico infatti la combinazione di filtri basati su queste quattro caratteristiche è sufficiente a suddividere la maggior parte dei materiali. La prima considerazione da fare però è in merito all'igroscopicità di essi poiché livelli minori/maggiori di umidità assorbita dal composto possono portare a modifiche di peso delle briciole da separare, vanificando possibili tentativi di suddivisione.

Per questo motivo è utile sottoporre il composto ad una fase di essiccazione atta all'eliminazione dell'umidità assorbita da quei materiali ad elevato tasso di igroscopicità, sia che essi siano naturali, come legno, cellulose e fibre vegetali, sia a base polimerica come ABS, Nylon, PET, LCP, PEI.

Nel caso specifico di questa sperimentazione, l'essiccazione è stata effettuata naturalmente sfruttando condizioni ambientali favorevoli. Per una portata di materiale maggiore e per il mantenimento costante dell'attività nel corso dell'anno è possibile sfruttare gli essiccatori a tramoggia presenti sul mercato; è opportuno tenere in considerazione le grandi differenze del tempo di residenza dei vari materiali, ovvero la permanenza necessaria nella tramoggia di essiccazione. In questo caso è utile tarare l'intero processo di essiccazione sul materiale noto più igroscopico presente nel composto poiché, ai fini dello smaltimento, non è importante se gli altri materiali presenti perdano in proprietà meccaniche come tenacità o rigidità.

Se l'essiccamento dei materiali avviene in tramoggia, il tempo di residenza dipende anche dalla portata di materiale (kg/h) lavorata dalla macchina.

2.4.2 Separazione a liquido - Densità

Terminata la fase di essiccazione della graniglia è possibile iniziare le reali procedure di separazione, cominciando con una prima grande divisione dei materiali in due macro-gruppi.

Il metodo più rapido è la separazione per densità in relazione ad un liquido di densità nota. Si possono utilizzare liquidi e soluzioni di differente natura ma, per la sperimentazione in questione, è stata utilizzata comune acqua dolce avente densità pari a circa 0,997 Kg/ Dm³.

Per questa sperimentazione è stato utilizzato un mastello da 25 litri riempito con acqua dolce per 1/3 della sua capacità. Vista l'alta percentuale di briciole di materiali incastrati tra loro, specie intrappolate all'interno delle matasse fibrose, non è plausibile rovesciare semplicemente il composto in acqua ed attendere. Come appare chiaro nella seguente immagine infatti una parte delle componenti pesanti resta comunque in sospensione sul pelo dell'acqua trattenuta dai materiali più leggeri e viceversa, infatti sul fondo troviamo

materiali leggeri sovrastati da altri più pesanti.

Per disaggregare gli agglomerati è quindi opportuno procedere con due fasi consecutive di centrifugazione a differenti velocità:

- Velocità sostenuta: agitando la miscela ad alte velocità per un tempo prolungato ed intervallando frequentemente il senso di rotazione è possibile distaccare gran parte delle contaminazioni, evitando che le graniglie più leggere si depositino sul fondo trascinate da quelle più pesanti; (Fig. 16)
- Velocità lenta: terminata la centrifugazione rapida è comunque opportuno mantenere il composto in lento movimento monodirezionale così che non si corra il rischio del formarsi di nuove aggregazioni di materiali. La rotazione lenta permette ugualmente ai materiali pesanti di depositarsi sul fondo mentre i più leggeri resteranno in sospensione.



Fig. 16

In questo modo, passati circa 15 minuti di tempo, la suddivisione dei materiali si è stabilizzata in due gruppi distinti. Grazie ad un setaccio sono quindi stati asportati dal pelo superficiale dell'acqua tutti i materiali aventi densità inferiore a $0,997 \text{ Kg/ Dm}^3$. (Figg. 17, 18)



Fig. 17



Fig. 18

La componente depositata sul fondo, con una densità superiore a quella dell'acqua, è stata prelevata successivamente. Si sono così creati due gruppi distinti classificabili come Frazione pesante e Frazione leggera, composti rispettivamente dai materiali elencati nella seguente tabella:

Divisione primaria a liquido (acqua dolce 0,997 Kg/ dm³)				
Frazione Pesante		Densità Kg/ dm³	Frazione Leggera	
Gelcoat		1,2	Schiuma Poliuretanica	
EPDM		1,3	Memory Foam	
PVC		1,4	Poliuretano Espanso HD	
Neoprene		1,4	Lattice	
Tessuto poliestere		1,4	Balsa	
Fibra di vetro		2,54	Legno di Abete	
Vetro		2,2 - 7	Moquette poliestere	
Alluminio		2,7	Compensato di Okumè	
Zinco		7,1	Legno di Teak	
Acciaio Inox		7,89	HDF	
Ghisa		7,9	Polietilene alta densità HDPE	
Ottone		8,73	Polietilene reticolato PEX	
Rame		8,96		

Tab. 02



Fig. 19



Fig. 20

Le immagini mostrano chiaramente come in sospensione sia rimasta esclusivamente la frazione leggera composta prevalentemente da legno e qualche polimero, senza contaminazioni della frazione pesante. (Figg. 19, 20) Al contrario nella frazione pesante si notano componenti lignee; questo fatto è dovuto da aggregazioni rimaste legate nonostante la centrifugazione.

2.4.3 Estrazione del legno - Igroscopicità

Una volta suddivisi i materiali nelle due frazioni differenziate, ovvero quella pesante da quella leggera, è possibile proseguire con una seconda tipologia di separazione sfruttando nuovamente l'immersione dei materiali in un liquido discriminante. In questo secondo passaggio si sfruttano le differenti proprietà igroscopiche dei materiali, in particolare quelle del legno, al fine di poterlo isolare dai restanti materiali che compongono la frazione leggera.

Considerando la frazione rimasta in sospensione infatti si nota come buona parte della sua composizione sia formata proprio da diverse tipologie di legno e prodotti da esso derivati, importanti da estrarre poiché riciclabili al 100%, mentre la restante parte sono principalmente polimeri leggeri ed alcune tipologie di fibre.

Il legno è un materiale poroso costituito da una matrice solida con massa volumica media dell'ordine di 1400 kg/m³ che da sola non gli permetterebbe di galleggiare; è invece l'aria presente nelle cavità che consente al legno di restare in sospensione sul pelo dell'acqua. Se mantenuto in immersione, soprattutto quando in forma di piccole scaglie, la percentuale di acqua contenuta al suo interno sale drasticamente andando a sostituirsi all'aria presente nelle cavità, aumentando la densità totale fino a raggiungere e superare quella dell'acqua, provocando l'affondamento.

Sulla base di questo, immergendo nuovamente la frazione leggera nell'acqua dolce che fungerà ancora da liquido discriminante e lasciandolo in ammollo per il tempo necessario, il legno dapprima in sospensione si deposita sul fondo, permettendone così l'isolamento dagli altri materiali. Nelle seguenti immagini è possibile vedere lo stesso campione dopo 12 e 24 ore in immersione.

(Figg. 21, 22)



Fig. 21



Fig. 22

Il tempo di permanenza in acqua prima di affondare dipende da diverse variabili come il tipo di legno e la sua stagionatura, dai trattamenti a cui è stato sottoposto e, soprattutto, dalla dimensione delle scaglie: minori sono le dimensioni raggiunte in fase di frantumazione meno riserva di galleggiamento hanno, velocizzando quindi il processo di deposito sul fondo. È fondamentale monitorare costantemente l'intero processo poiché, a seconda del tipo di plastiche presenti nella frazione leggera, è possibile incontrare espansi a cellule aperte che, seppur lentamente, assorbono ugualmente acqua affondando insieme alle scaglie lignee.

Una possibile variabile da considerare, attualmente non sperimentata in questo contesto, è la variazione della sospensione delle scaglie al variare della temperatura dell'acqua in cui vengono immerse. Infatti definendo la spinta di Archimede come una forza pari al peso del liquido spostato e correlandolo al fatto che l'acqua raggiunge la sua massima densità ad una temperatura di 4°C, ne deriva che a questa temperatura la spinta di Archimede è maggiore.

La variazione di densità e quindi l'effetto di spinta uguale e contraria all'immersione di un corpo in un liquido è comunque ridotta: la spinta di Archimede a cui è soggetto un corpo immerso in acqua a 80°C infatti diminuisce solamente del 3% rispetto alla spinta ottimale che invece subisce ad una temperatura di 4°C.

Il risultato dell'estrazione del legno per igroscopia porta comunque ad ottime percentuali di separazione, visibilmente apprezzabile nelle seguenti immagini. (Figg. 23, 24) Esse sono state scattate in seguito al prelievo tramite setaccio della frazione rimasta in sospensione e la successiva scolatura della frazione depositata sul fondo a 30 ore dalla loro immersione.



Fig. 23



Fig. 24

2.4.4
Estrazione dei
metalli

Una volta estratto il legno dalla frazione leggera è utile soffermarsi invece sulla suddivisione dei metalli dalla restante parte della frazione pesante. La corretta estrazione ed un'elevata pulizia dei materiali metallici infatti non contribuisce positivamente solo all'ammortizzamento dei costi grazie alla loro rivendita bensì aiuta a limitare la continua estrazione di materie prime dal pianeta. Come è emerso dal capitolo precedente, la componente ferrosa è la più semplice da estrarre proprio grazie alla presenza di ferro al suo interno. Utilizzando un comune magnete è stato possibile estrarre buona parte della componente metallica ferrosa, salvo le porzioni rimaste incastrate negli agglomerati di fibre/ovatta. Purtroppo non è stato invece possibile sperimentare l'estrazione a correnti indotte, processo comunque ampiamente già utilizzato e comprovato e per cui non sono emerse, almeno sul piano teorico, possibili difficoltà. Si presuppone però che, come per il caso dell'estrazione magnetica, anche la separazione a correnti indotte possa riscontrare problematiche relative all'incastro delle briciole nell'ovatta di fibre, riducendo le percentuali di pulizia del materiale estratto. Prevedendo già un ulteriore successivo passaggio per l'estrazione di materiali metallici residui, non è un grosso problema se determinate componenti rimangono nel composto principale; è opportuno però evitare il caso contrario, ovvero che eventuali porzioni non metalliche vengano erroneamente prelevate insieme alla componente metallica. Per scongiurare questa eventualità è quindi opportuno tarare con precisione la distanza del magnete dal flusso di materiali, come anche l'intensità del campo elettromagnetico utilizzato per la repulsione dei metalli non ferrosi.

2.4.5
Considerazioni

- Al termine del primo di ciclo di separazione, denominata separazione primaria, si ottiene una scomposizione dell'agglomerato iniziale in cinque frazioni distinte:
1. legni ed i loro derivati
 2. metalli ferrosi
 3. metalli non ferrosi
 4. frazione pesante
 5. frazione leggera

Di seguito è possibile vedere nel dettaglio la composizione delle singole frazioni riferite ai casi studio sperimentati. (Tab. 03)

Risultati Separazione primaria			
Frazione Ligneae	Densità Kg/ dm³	Frazione Leggera	Densità Kg/ dm³
Balsa	0,15	Schiuma Poliuretanea	0,042
Legno di Abete	0,42	Memory Foam	0,045
Compensato di Okumè	0,5	Poliuretano Espanso HD	0,06
Legno di Teak	0,65	Lattice	0,065
		Moquette poliestere	0,42
		Polietilene alta densità HDPE	0,95
		Polietilene reticolato PEX	0,98

Tab. 03

Frazione Metallica Ferrosa	Densità Kg/ dm ³
Acciaio Inox	7,89
Ghisa	7,9

Tab. 04

Frazione Metallica non Ferrosa	Densità Kg/ dm ³
Alluminio	2,7
Zinco	7,1
Ottone	8,73
Rame	8,96

Tab. 05

Frazione Pesante	Densità Kg/ dm ³
Gelcoat	1,2
EPDM	1,3
PVC	1,4
Neoprene	1,4
Tessuto poliestere	1,4
Fibra di vetro	2,54
Vetro	2,2 - 7

Tab. 06

La prima frazione ad essere estratta è quella lignea, già pronta per un essere spedita ad appositi centri di riciclaggio dove subiranno ulteriori cicli di pulizia a secco. Il riciclo del legno, come è stato approfondito nel Volume 1, non prevede una separazione tra i diversi componenti bensì vengono trattati indistintamente dalla tipologia di legno.

La frazione metallica invece, sia ferrosa che non ferrosa, è composta da differenti materiali con valori e proprietà molto differenti. (Tabb. 04, 05) Essi, affinché possano essere riproposti realmente come materie prime seconde, necessiterebbero di una raffinatura del processo di separazione nelle differenti categorie di appartenenza, processo già brevettato e funzionante. In realtà spesso, per motivi economici, il riciclo avviene tramite fusione complessiva dei materiali e, aggiungendo determinate sostanze chimiche in fase di raffreddamento per ottenere la densità finale desiderata, si ottengono leghe meno pregiate ma commerciabili sul mercato a fronte di una spesa di lavorazione generalmente contenuta.

Legni e metalli quindi, con o senza raffinazioni secondarie, possono essere considerati pronti per il riciclo direttamente a seguito delle fasi di lavorazione sperimentate. Non si può dire altrettanto invece delle restanti frazioni, ovvero quella leggera e quella pesante.

Ad esempio proprio nella frazione pesante è presente uno dei materiali più semplici da riciclare per eccellenza ma che, essendo ancora mischiato alle altre componenti, è attualmente inutilizzabile: il vetro. (Tab. 06)

Inoltre, come il vetro, anche una parte delle componenti polimeriche presenti in entrambe le frazioni se correttamente estratta e pulita può trasformarsi da rifiuto a risorsa. Per questo motivo è opportuno prevenire future strategie di separazioni secondarie atte a raffinare ed aumentare il numero e la purezza delle sotto-frazioni di uscita.

2.5.1
Introduzione

2.5.2
Tavole
Densimetriche

2.5 Strategie

Nelle considerazioni finali della precedente sperimentazione è emersa l'importanza di un'ulteriore raffinazione delle frazioni di risulta in modo da poter valorizzare il più possibile la demolizione di un'unità da diporto. In sintesi diventa quindi di prioritaria importanza iniziare a ragionare in termini di percentuali sempre minori di frazione non riciclabile-termovalorizzabile, mirando a smaltire in discarica esclusivamente quelle componenti di cui attualmente non abbiamo le conoscenze/competenze adeguate per riconvertirle in risorse secondarie. Con questo obbiettivo quindi è possibile ipotizzare, tra le differenti possibili soluzioni, una separazione che si basi nuovamente sulle differenze di densità in relazione ad un'uniformità di pezzatura, sfruttando nuovamente i dati raccolti nel Volume 1.

Sulla scia di questo ragionamento vengono incontro alcune macchine di separazione densimetrica attualmente già sul mercato che, seppur in maniera più semplificativa, agiscono su un principio esportabile ed utilizzabile in questo contesto.

Questi macchinari appartengono alla categoria delineata nel primo capitolo dei separatori gravimetrici ed in particolare sono chiamati separatori densimetrici. Questa tipologia sfrutta come fattori discriminanti le differenze di densità della graniglia e la loro aerodinamicità.

Il processo più utilizzato è quello basato sulle cosiddette tavole densimetriche, piani vibranti che sfruttano una determinata inclinazione combinata ad un flusso d'aria dall'intensità opportunamente impostata. Al giorno d'oggi le tavole densimetriche hanno raggiunto delle ottime sensibilità a livello di separazione di materiali e sono in grado di suddividere, a parità di forma e dimensione, briciole aventi minime differenze di peso ridotte fino a 0,3 kg/dm³. (Tab. 07)

L'attuale limite di questa categoria di separatori gravimetrici è che essi sono in grado di separare la frazione di entrata in solo due frazioni di uscita. Nonostante questo sono già stati sperimentati e sono attualmente in funzione alcuni impianti per la separazione di vetro, plastiche e metalli basati sulla combinazione in serie di più tavole densimetriche. Avendo la possibilità di essere impostati e regolati a seconda del peso dei materiali in entrata da lavorare infatti è possibile programmare una serie di separatori disposti in linea che, all'aumentare consequenziale dell'intensità dell'operazione, isola di volta in volta il materiale più pesante presente in quello specifico step.

Risultati Separazione Densimetrica Secondaria				
Frazione Leggera	Densità Kg/ dm ³	Frazione Metallica	Ferrosa	Densità Kg/ dm ³
Schiuma Poliuretana	0,042	Acciaio Inox		7,89
Memory Foam	0,045	Ghisa		7,9
Poliuretano Espanso HD	0,06			
Lattice	0,065			
Moquette poliestere	0,42			
Polietilene alta densità HDPE	0,95			
Polietilene reticolato PEX	0,98			

Tab. 07

Frazione Metallica non Ferrosa	Densità Kg/ dm ³
Alluminio	2,7
Zinco	7,1
Ottone	8,73
Rame	8,96

Tab. 08

Frazione Pesante	Densità Kg/ dm ³
Gelcoat	1,2
EPDM	1,3
PVC	1,4
Neoprene	1,4
Tessuto poliestere	1,4
Fibra di vetro	2,54
Vetro	2,2 - 7

Tab. 09

Basandoci sui materiali presenti nel campione dimostrativo suddivisi nelle differenti frazioni da raffinare (escluso quindi il legno), è visibile come le percentuali di pulizia di separazione ai fini di un recupero aumentino visibilmente sfruttando in totale sei passaggi a differenti intensità. (Tabb. 08, 09)

Il vetro, salvo nei casi di componenti particolarmente leggere, diventa quindi perfettamente separabile dalla frazione pesante e risulta possibile procedere al suo riciclo presso appositi centri specializzati.

Un secondo dato molto significativo, sempre relativo alla frazione pesante del campione in questione, è che anche le componenti in fibra di vetro contaminate dalla resina con una densità di circa 2,54 kg/dm³ sono perfettamente isolabili dalla frazione polimerica la cui componente più pesante invece non supera 1,4 kg/dm³. Questa operazione in particolare permette un'ottima percentuale di pulizia visto l'ampio margine che contraddistingue i due materiali, pari a circa 1,1 kg/dm³ e quindi quasi quattro volte superiore al minimo richiesto dalle tavole densimetriche. Così facendo, nell'attesa di nuove strategie di trattamento della vetroresina, siamo almeno in grado di isolarla e stoccarla nelle apposite discariche, confidando un domani di essere in grado di smaltirla più consapevolmente o in caso contrario eliminarla in fase di costruzione.

Restando sempre nel caso specifico del campione sperimentale, le tavole densimetriche non sono in grado di separare la ghisa dall'acciaio inox per quanto riguarda i metalli ferrosi, come anche nei metalli non ferrosi rame e ottone restano mischiati insieme. È invece possibile separare efficacemente sia lo zinco che, più importante, l'alluminio.

L'unico materiale plastico presente nelle due frazioni, leggera e pesante, separabile tramite tavole densimetriche risulta essere il polietilene. Questo viene estratto insieme nelle due composizioni utilizzate nella sperimentazione: polietilene reticolato PEX e polietilene ad alta densità HDPE.

2.5.3
Fluff – Frazione
Residua

Come prevedibile i materiali più problematici sono le gomme ed i polimeri in generale, sia in forma espansa che non, oltre a strati di resine o di protettivi come il Gelcoat, anche se quest'ultimi sono verosimilmente presenti in percentuali trascurabili.

Non tutti i materiali ancora presenti nelle due frazioni sono riciclabili e specialmente non lo sono finché restano mischiati insieme. Ovviamente esistono molteplici strategie alternative di separazione, più o meno efficaci ma soprattutto molto costose, il che rende difficoltoso procedere ad ulteriori step di raffinazione del processo senza che diventi economicamente non più sostenibile o comunque particolarmente meno vantaggioso rispetto ad un metodo di separazione tradizionale.

Senza procedere oltre a questi sei passaggi di separazione secondaria densimetrica si ottengono due frazioni residue non separabili del campione sperimentale così composte:

Fluff - Frazione residua del campione in esame			
Frazione Leggera	Densità Kg/ dm ³	Frazione Pesante	Densità Kg/ dm ³
Schiuma Poliuretantica	0,042	Gelcoat	1,2
Memory Foam	0,045	EPDM	1,3
Poliuretano Espanso HD	0,06	PVC	1,4
Lattice	0,065	Neoprene	1,4
		Tessuto poliestere	1,4

Tab. 10

In conclusione al termine della simulazione della separazione meccanica post frantumazione dei 24 materiali di partenza inglobati in un unico oggetto sintesi della complessità di un'unità da diporto tipo, ne risulta che:

- La vetroresina viene isolata al 100%;
- I 4 legni presenti (Balsa, massello di Abete, massello di Teak, compensato di Okumè) vengono estratti al 100% e riciclati;
- I 2 metalli ferrosi presenti (Acciaio Inox, Ghisa) vengono estratti al 100% ma riciclati insieme senza poter essere separati;
- I 4 metalli non ferrosi presenti (Alluminio, Zinco, Ottone, Rame) vengono estratti al 100% ma solo l'Alluminio e lo Zinco possono essere isolati e riciclati singolarmente mentre invece Ottone e Rame restano mischiati insieme;
- I vetri vengono estratti al 100% e riciclati;
- Il poliestere in fibre viene estratto al 100% e riciclato;
- Il polietilene viene estratto al 100% e riciclato;
- Il Fluff residuo è composto da 9 materiali su 24 che si distribuiscono in Fluff leggero (Schiuma poliuretantica, Memory-Foam, Poliuretano espanso, Lattice) e in Fluff pesante (Gelcoat, EPDM, PVC, Neoprene, Tessuti Poliestere). Queste componenti possono essere spedite ad appositi centri di separazione delle plastiche nel tentativo di raggiungere percentuali più alte di riciclo o, in caso contrario, possono essere impiegate nella termovalorizzazione quando possibile o ancora, nel peggiore dei casi, compattate e smaltite in discarica.

03. FASI ATTUATIVE DI UNA DEMOLIZIONE ALTERNATIVA: IL PROCESSO PSS

Nell'introduzione sono state elencati gli ipotetici vantaggi di una triturazione in loco, vagliando le possibilità di operazione in fase di frantumazione e di separazione in frazioni distinte.

In questo capitolo si affronta invece la reale organizzazione teorica di un centro di demolizione dotato di stazione itinerante. In prima battuta vengono pianificate ed analizzate le varie fasi di trattamento, demolizione e separazione così da estrapolare il materiale e le tipologie di macchinari necessari. Successivamente si scende nel particolare della selezione dei macchinari presenti sul mercato in modo che sia possibile ricavarne i costi di acquisto e la reale trasportabilità. Terminata l'organizzazione della stazione itinerante, la visione si amplierà alla pianificazione dell'intero ciclo di demolizione per confermare o smentire i vantaggi ipotizzati di un processo di demolizione Post-Shredder Separation.

3.1 Processo PSS

3.1.1 Raggiungimento del/delle unità e preparazione dell'area di lavoro

Come succede già normalmente per la grande maggioranza dei casi, un'azienda demolitrice solitamente effettua su richiesta un sopralluogo gratuito/rimborsato per valutare il lavoro e poter procedere ad un preventivo personalizzato. Nel caso di un processo PSS il sopralluogo diventa indispensabile per la pianificazione dell'area di cantiere. Infatti rispetto ad una demolizione tradizionale dovrà essere predisposta un'area di lavoro più sicura in termini non solo di inaccessibilità ai non addetti ai lavori per via dei particolari macchinari presenti, ma anche per scongiurare contaminazioni del suolo e dell'atmosfera date dallo sminuzzamento di materiali pericolosi.

Se l'unità è al coperto, ad esempio in un capannone, in un deposito o in un garage, quando possibile è opportuno rimuoverla e posizionarla in un piazzale antistante. In caso contrario è necessaria la copertura preventiva degli oggetti adiacenti all'unità.

Le aree di lavoro da predisporre sono tre (*Fig. 01*):

1. Base operativa: è opportuno prevedere uno spazio destinato all'organizzazione e al cambio di abiti degli addetti, oltre che di un bagno chimico se non presente in loco. In questo spazio verranno riposte le attrezzature comuni.
2. Stazione 1 - Bonifica e pre-demolizione in macroblocchi: utile alle prime fasi, la prima stazione può essere tranquillamente ricavata attorno all'unità ovunque essa si trovi. Viene posizionato un telo in polietilene sul suolo sottostante all'unità e vengono coperti gli oggetti intorno ad essa. Nel caso in cui non sia presente l'attacco alla rete elettrica, è necessario un generatore di corrente. La stazione 1 è singola per ogni unità, nel caso di uno smaltimento in parallelo è necessario ripetere l'operazione per ogni barca.
3. Stazione 2 - Frantumazione: in questo caso la predisposizione dell'area di lavoro è più complessa. Si deve ricavare uno spazio sufficientemente

grande per il posizionamento del frantumatore, più vicino possibile alla stazione 1, possibilmente all'aperto. Visti i materiali pericolosi che andranno frantumati è opportuno prevenire la contaminazione dell'ambiente, per questo è necessario procedere alla costruzione di una capannina di lavoro chiusa con l'ausilio di una tensostruttura modulare di copertura e una pavimentazione creata nuovamente con appositi teli in polietilene. Per evitare il sollevarsi di polveri nocive, la tensostruttura deve essere dotata di un estrattore d'aria con filtro abbattitore di polveri.

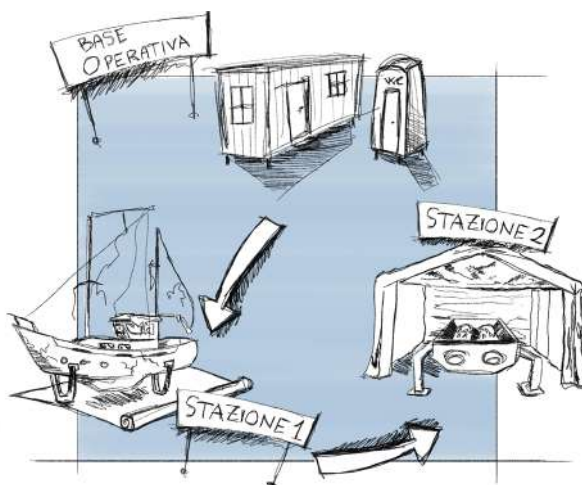


Fig.01

3.1.2 Bonifica e Pre- demolizione

Terminate le operazioni preventive di preparazione cominciano le prime fasi di bonifica e pre-demolizione.

La bonifica è un'operazione relativamente standardizzata che infatti non si allontana particolarmente dal *modus operandi* utilizzato fino ad ora nelle demolizioni tradizionali.

La prima operazione necessaria è la chiusura dei raccordi di iniezione che dalle casse di combustibile raggiungono i motori e la rimozione dei condotti di collegamento. Una volta smontate le condotte è possibile forare i serbatoi con gli appositi perforatori collegati alle pompe di aspirazione e pompaggio dei carburanti a due vie (benzina e gasolio). La stessa pompa di aspirazione viene poi collegata ad un apposito perforatore di pistoni idraulici e condotte oleodinamiche così da estrarre anche gli olii presenti a bordo. Devono essere svuotate le idroguidе dello sterzo, del trim dei motori, dei flap, dai vang o di qualsiasi altra movimentazione/sostentamento elettroidraulico.

Sarà tassativo sbarcare eventuali bombole del gas presenti a bordo come anche qualsiasi tipo di accumulatore.

Devono essere svuotati i serbatoi dei liquidi refrigeranti dei singoli fan coil come anche quelli dei frigoriferi, freezer e ice-makers.

In ultimo devono essere svuotate e sbarcate le casse di bordo che verranno prese in consegna da ditte apposite specializzate nella loro bonifica.

Per quanto riguarda l'apparato propulsivo è opportuno sbarcare i filtri del carburante ed i filtri dell'aria, come anche i filtri del sistema di scarico.

In vista di un processo di demolizione PSS non è indispensabile lo sbarco dei serbatoi e dei motori quanto il loro lavaggio. La pulizia può avvenire con un bagno chimico, scelta ecologicamente poco sostenibile, con sabbiatura oppure per getti di acqua ad alta pressione. In questo caso è opportuno prevedere per il modulo itinerante una delle già in commercio pompe di lavaggio e disincrostazione ad alta pressione. Queste idropultrici, nate appositamente con l'obiettivo di pulire condotte e serbatoi da sostanze pericolose, coniugano elevate pressioni (fino a 2500 bar) e basse portate (ca. 15 l/min), riducendo al minimo i costi correlati e lo spreco idrico. In contemporanea all'iniezione di acqua si manterrà attiva la pompa di aspirazione che stoccherà il flusso di uscita che verrà successivamente preso in consegna da apposite aziende specializzate nel ritiro e nella bonifica di liquidi.

In ultimo è possibile sbarcare qualsivoglia componente che si desidera rivendere come componente usata.

Potrebbe quindi essere plausibile lo sbarco dell'apparato propulsivo, della strumentazione di bordo e di eventuali apparecchiature elettroniche. In caso di unità a vela spesso è possibile rivendere l'armo velico. (Fig. 02)

Le percentuali di riutilizzo o rivendita sono comunque molto basse, è stato stimato che in media viene estratto a questo scopo solo il 3-5% del dislocamento complessivo dell'unità.

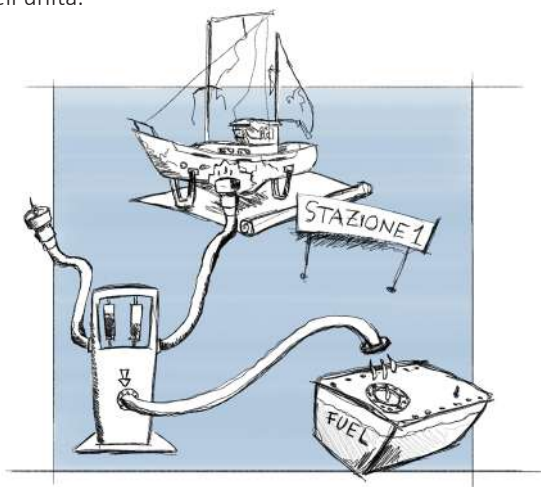


Fig.02

Terminata la pulizia delle condotte e dei serbatoi e smontate le componenti in buono stato adatte al riutilizzo o alla rivendita, si passa alla fase di pre-demolizione.

L'obiettivo di questa fase è quello di scomporre l'unità in blocchi di dimensioni utili per essere spinte nel frantumatore a cilindri contrapposti. In media la bocca

dei frantumatori sul mercato può ospitare da 1 a 3 metri cubi di materiale. Se l'unità è su un piazzale adiacente alla macchina frantumatrice o comunque è facilmente accessibile, questa fase può essere bypassata con l'utilizzo di un escavatore con polipo o pinze demolitrici che strappino le parti dall'unità e le infili direttamente nella tramoggia di carico. (Fig. 03)

Al contrario l'unità può non essere accessibile ad un escavatore o essere circondata da altre unità. In questo caso sarà necessario l'intervento manuale degli operatori addetti che, con apposite lame troncatrici come seghe elettriche tradizionali o seghe a gattuccio, suddividano in porzioni facilmente trasportabili l'unità. (Fig. 04)

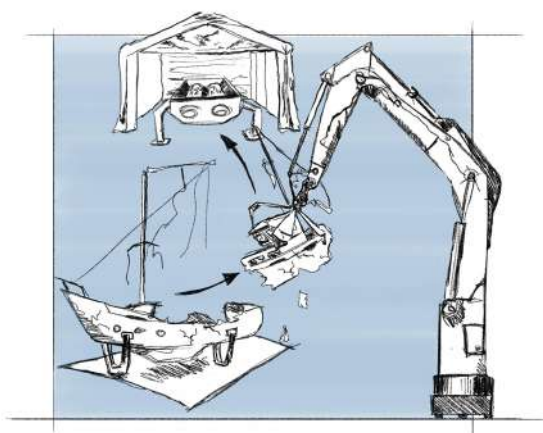


Fig.03

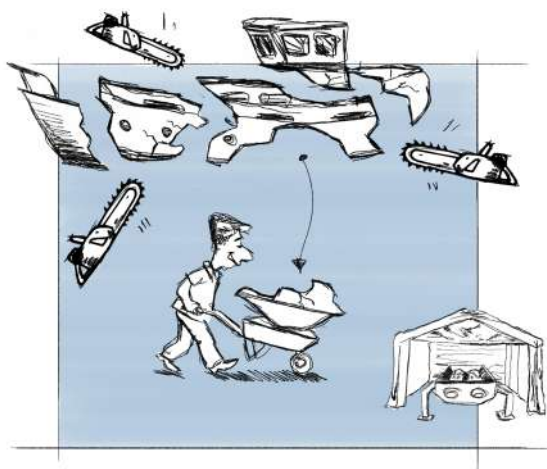


Fig.04

3.1.3 Shredding

Nel caso in cui l'unità da diporto sia al coperto o comunque in posizione non adiacente al molino frantumatore, le sezioni asportate devono man mano essere trasportate fino al luogo della triturazione. Questa fase implica l'utilizzo di mezzi di piccole dimensioni che abbiano una portata cubica simile a quella della tramoggia di carico del molino; gli addetti ai lavori quindi si alternano nel trasporto di porzioni minori con carriere tradizionali, mentre vengono impiegate motocarriole a cingoli per le porzioni più importanti e pesanti. Le componenti vengono così trasferite dal luogo di stazionamento dell'unità al sito dove sosta il frantumatore, dove può iniziare la fase di demolizione vera e propria. (Fig. 05)

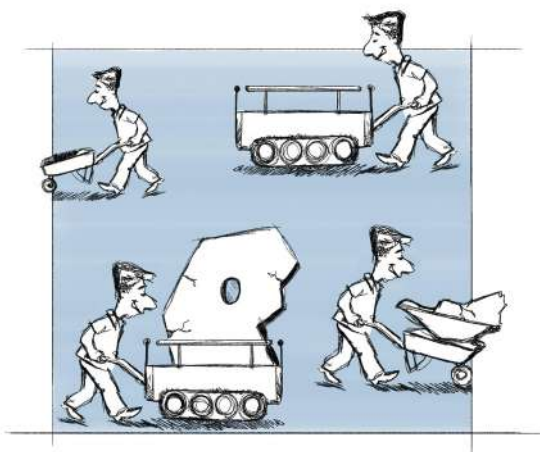


Fig.05

Sia per le unità correttamente posizionate che per quelle in cui è risultata necessaria una pre-demolizione, si prosegue ora al carico della tramoggia di ingresso del frantumatore. Per sollevare le componenti all'altezza della bocca d'ingresso è opportuno procedere con l'ausilio della benna a polipo installata sull'escavatore che, grazie agli artigli idraulici, permette di disincastare possibili intrichi di materiali.

Come già anticipato, il frantumatore viene posizionato in una tensostruttura dotata di estrattore di polveri per evitarne la dispersione nell'ambiente circostante. Il frantoio a cilindri quadrialbero viene caricato dall'alto, mentre il materiale frantumato di risulta viene depositato su un nastro trasportatore palettato che lo riversa in un tradizionale container Open Top.

Un frantoio a cilindri quadrialbero è in grado di ridurre in briciole variabili tra 20 e 50 mm anche metalli molto duri. Nonostante questo, non tutti permettono l'introduzione di corpi metallici pieni o profili oltre un certo spessore. È per questo opportuno sincerarsi delle capacità reali dei singoli frantoi per poter valutare l'immissione o meno dell'apparato propulsivo con le relative

componenti forgiate dal pieno.

La soluzione ottimale però è frantumare separatamente i blocchi motore utilizzando un'apposita pressa frantumatrice dentata per motori endotermici, scongiurando quindi la possibilità di danneggiare i cilindri o gli alberi del frantoio. I tempi di triturazione sono un'altra variabile da tenere in considerazione poiché più i materiali sono duri maggiore sarà la coppia richiesta a discapito di una rotazione più lenta dei martelli. Si può quindi scendere da frantumazioni con una portata superiore alle 20 tonnellate orarie a processi ben più lenti che non permettono di lavorare più di una tonnellata per ora.

Considerati i materiali presenti a bordo delle unità da diporto e stimata la loro possibile percentuale di presenza in rapporto al dislocamento complessivo, è stata stimata una media oraria di 6 tonnellate di materiale per il caso più gravoso, ovvero unità a motore a tre ponti. Considerando un dislocamento a secco medio per questo tipo di unità di circa 50-60 tonnellate, ne risulta che a pieno regime anche l'unità più gravosa può essere triturata in 10 ore lavorative. (Fig. 06)

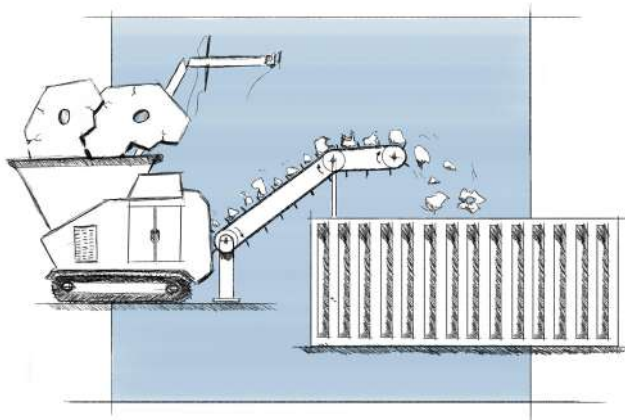


Fig.06

3.1.4 Trasporto

Al termine della fase di shredding ogni componente è quindi ridotta in scaglie da non più di 50 mm, già caricate all'interno del container e pronte per il trasporto. Come anticipato precedentemente, il trasporto risulta uno dei principali vantaggi di un processo basato su una metodologia PSS, specie considerando la demolizione di più unità in contemporanea. Per ottimizzare il trasporto di più unità triturate contemporaneamente è utile preventivare la scelta corretta del/dei container così da ridurre il numero di viaggi, se non addirittura limitarli ad uno.

Per meglio valutare le reali potenzialità della proposta è quindi necessario stimare una volta per tutte la riduzione di volume a cui vanno incontro le unità da diporto in seguito alla frantumazione. Infatti è opportuno considerare che

¹NR500 Pt B, Ch 3,
Sec 3

in qualsiasi unità la grande maggioranza del volume è occupato da aria; di conseguenza, sottraendo questa percentuale dal volume totale, otteniamo il reale volume utile da considerare per il trasporto. Ovviamente è impossibile misurare il volume reale d'aria presente all'interno di un'unità da diporto, considerando gli innumerevoli interstizi non visibili presenti e la variabilità degli spessori di arredi, paratie e rivestimenti. Nonostante questo però è possibile avvicinarsi ad un valore che non si distacchi troppo dalla realtà utilizzando dei parametri di sicurezza per il calcolo della stabilità in caso di falla.

Infatti, per poter essere immatricolate, le unità da diporto devono soddisfare severi criteri di costruzione regolamentati dai registri di classifica. Uno di questi regolamenti è il Bureau Veritas – Marine and Offshore. Nel particolare facciamo riferimento al documento NR500 *“Le regole Bureau Veritas per la classificazione e la certificazione degli yacht”* pubblicato a Marzo 2012 e con l'ultimo emendamento (NR500 Amd 003) risalente a Gennaio 2016. Per sua stessa definizione le regole contenute al suo interno sono applicabili *“[...] alle navi destinate alla crociera da diporto, impegnate o meno nella navigazione commerciale, e con una lunghezza non superiore a 100 m. Forniscono dettagli sui requisiti per l'assegnazione e la manutenzione di velieri e motonavi, tipo monoscafo o tipo catamarano costruiti in acciaio, alluminio, materiali compositi o legno.”*

All'interno di questo documento è presente una sezione¹ dedicata alla prevenzione della stabilità della barca in caso di falla e relativo allagamento dei diversi compartimenti. In particolare viene introdotto il concetto di permeabilità degli ambienti, ovvero la quantità d'acqua che può permeare fino al raggiungimento della massima saturazione di ognuno di essi. L'indice di permeabilità si discosta di zona in zona poiché è frutto di una media del volume occupato dalle componenti presenti in ogni determinato ambiente. Al fine della presente sperimentazione è possibile associare la percentuale allagabile al volume pieno d'aria da sottrarre al volume complessivo, trovando quindi il volume reale dei materiali da considerare.

Di seguito i quattro ambienti presi in considerazione dal registro con il relativo indice di permeabilità:

1. Accommodation and voids: 0,95

In questa voce rientra ogni ambiente interno vivibile, sia nello scafo che nelle sovrastrutture. Il valore indica che in una sezione abitabile dell'unità solo il 5% è occupato da materiali fisici mentre il 95% è spazio potenzialmente allagabile, quindi vuoto.

2. Machinery: 0,85

Il volume della sala macchine è verosimilmente riempito al 15% della sua capacità totale considerando l'ispessimento delle strutture e la presenza di componenti come motori ed altri impianti.

3. Stores: 0,60

L'indice di permeabilità più basso fa riferimento agli spazi di stivaggio come

gavoni, armadiature, frigoriferi/freezer. Il valore si giustifica per via della compartimentazione interna agli armadi e per lo spessore di impianti e coibentazione che invece sono proprie delle celle frigo.

4. Liquids: 0 to 0,95

I serbatoi, di qualsiasi natura essi siano (tanks di combustibile, casse d'acqua, contenitori liquidi refrigeranti o lubrificanti) hanno un valore che per il calcolo in caso di falla è da considerarsi variabile a seconda del livello di liquido presente al momento del sinistro. Considerando invece che al momento della triturazione ogni serbatoio ancora presente è stato preventivamente svuotato e bonificato, possiamo considerare attendibile il conto utilizzando come indice di permeabilità 0,95.

È importante considerare che le scaglie di risulta dalla frantumazione se non vengono pressate si distribuiranno in maniera irregolare nel container, lasciando quindi degli interstizi vuoti e perdendo spazio utile. Per un conto preliminare possiamo basarci su un recente studio che identifica a livello generico la densità presente in un *impacchettamento irregolare*¹ pari al 63,4% del totale. Questo significa che, per una stima verosimile del volume occupato dalle scaglie di risulta, è necessario aggiungere il 36,6% al volume ricavato con i coefficienti di permeabilità.

Possiamo quindi procedere al calcolo esemplificativo della riduzione di volume di un natante a vela di 8,5 metri di lunghezza di costruzione. (Figg. 07, 08)

¹Impacchettamento irregolare:
RCP— Random Close Packing
(Chaikin, 2007)

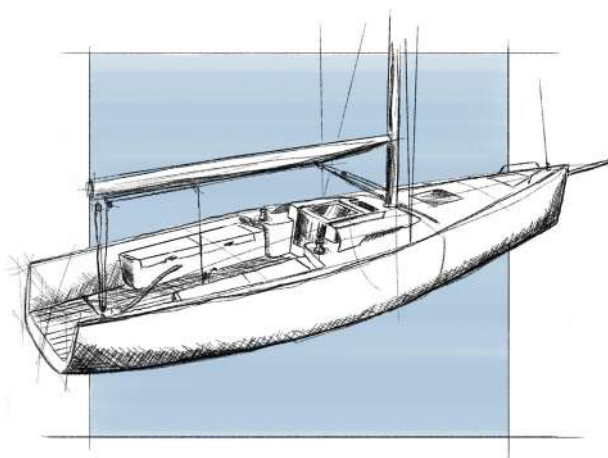


Fig.07

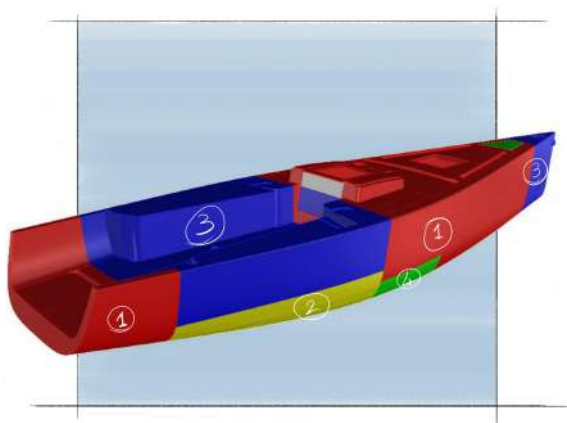


Fig.08

Calcolo riduzione volumetrica						
	VOLUME ESTRATTO DAL MODELLO 3D	INDICE PERMEABILITÀ	VOLUME ARIA	VOLUME MATERIALE		
1. ACCOMODATION	7,07 m ³	0,95	6,7165 m ³	0,3535 m ³		
2. MACHINERY	1,5 m ³	0,85	1,275 m ³	0,225 m ³		
3. STORES	1,18 m ³	0,6	0,708 m ³	0,472 m ³		
4. LIQUIDS	0,6 m ³	0,95	0,57 m ³	0,03 m ³		
					Coeff. Impacchettamento irregolare	VOLUME TOTALE A SCAGLIE
TOTALE	10,35 m ³		9,2695 m ³	1,0805 m ³	63,40%	1,476 m ³

Tab. 01

Utilizzando un software di modellazione 3D sono stati calcolati i volumi parziali e complessivi dell'unità in questione, un natante a vela da 8,5 metri di lunghezza con una larghezza di 2,3 metri ed un bordo libero di 1,3 metri; (Tab. 01) il calcolo del volume complessivo fuori scafo è di 10,35m³.

1. La somma del volume delle accomodation (6,01 m³) e delle porzioni vuote (1,06 m³) risulta essere di 7,07 m³. Tenendo conto dell'indice di permeabilità pari a 0,95, risulta che il materiale presente ha un volume pari a 0,3535 m³.

2. La sala macchine, approssimata a $1,5 \text{ m}^3$, se ponderata sullo 0,85 fornito dal registro risulta avere $0,225 \text{ m}^3$ di materiale.
3. La somma dei volumi dei gavoni in pozzetto ($2 \times 0,4 \text{ m}^3$) e del vano ancora ($0,38 \text{ m}^3$) equivale a $1,18 \text{ m}^3$; ponderando il valore sullo 0,6 dettato dal regolamento risultano $0,472 \text{ m}^3$ di materiale.
- 4.
5. Essendo un day sailer, la somma dei volumi delle varie casse è abbastanza ridotta e risulta pari a $0,6 \text{ m}^3$; considerando il serbatoio vuoto con un indice di permeabilità di 0,95, ne risulta un volume di materiale pari a $0,03 \text{ m}^3$.

Procedendo con la somma ne risulta un volume di materiale effettivo di $1,0805 \text{ m}^3$.

Seguendo la teoria dell'impacchettamento irregolare di Chaikin e quindi considerando la creazione di interstizi pari al 36,6% del volume totale, ne risulta che l'unità a vela in questione, che intera aveva un volume pari a $10,35 \text{ m}^3$, ridotta in scaglie occupa solamente $1,476 \text{ m}^3$, frutto di una riduzione superiore all'85%.

Volendo procedere con la simulazione, possiamo tenere conto della capacità dei container standard, in particolare del più piccolo dei container da trasporto merci omologato a livello internazionale: il Container 20' Dry. Questo container misura all'esterno 20 piedi (da cui il nome) in lunghezza, 8 piedi in larghezza e 8,5 piedi in altezza. I dati di interesse però sono le dimensioni presenti all'interno: 5,90 metri in lunghezza, 2,35 metri in larghezza e 2,39 metri in altezza, per un volume totale di 33 m^3 . Tuttavia, dal punto di vista pratico, non si considera mai il volume completo bensì è consigliato calcolare un margine del 10% per prevenire problemi dati da eventuale spazio sprecato, considerando quindi disponibili un massimo di $29,7 \text{ m}^3$ caricabili.

Dividendo la capacità utile ($29,7 \text{ m}^3$) per il volume dell'unità ridotta in scaglie ($1,476 \text{ m}^3$) risulta che all'interno del container standard 20' Dry è possibile trasportare un totale di 20 unità.

Ciò che viene lasciato in loco sono le casse in polietilene contenente i liquidi estratti durante la bonifica ed i materiali pericolosi sbarcati che verranno presi in carico dagli enti di smaltimento locali. Lo spazio guadagnato dalla frantumazione viene chiaramente compensato dal volume delle attrezzature che compongono l'unità mobile, rendendo ugualmente necessario il trasporto con un autoarticolato. In conclusione, a parità di numero di unità da demolire il vantaggio non si ripercuote tanto sulla lunghezza complessiva del convoglio quanto sul numero di viaggi da fare. In caso di demolizione di un numero elevato di unità può essere opportuno sfruttare un secondo convoglio al seguito, come verrà spiegato nel dettaglio successivamente. (Fig. 09)

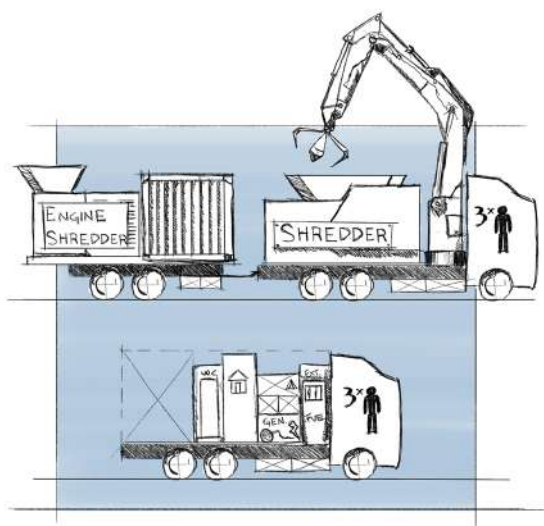


Fig.09

3.1.5 Arrivo in sede e stoccaggio

All'arrivo del convoglio presso la sede del centro di demolizione, si procede con lo scarico del container e delle attrezzature. Quest'ultime vengono ispezionate e bonificate, con particolare attenzione a:

- **Pompa di aspirazione a due vie**

Controllare la tenuta delle guarnizioni e smontare le punte perforatrici dei serbatoi al termine delle condotte. Il loro stato di usura deve essere monitorato costantemente affinché non si verifichino versamenti all'interno delle unità, compromettendo quindi il risultato finale.

- **Lame e martelli**

I cilindri montati sugli alberi del trituratore presentano lame e martelli per arpionare e tritare il materiale. Il difetto di questi trituratori sta proprio nella scarsa durata delle lame e dei martelli frantumatori che, se usati contro materiali particolarmente duri, tendono a sbeccarsi, peggiorando drasticamente la qualità delle successive frantumazioni. Alcune delle aziende produttrici di frantoi prestano un servizio di ritiro "vuoto per pieno", così facendo si mantiene una qualità nel tempo senza però andare incontro a spese eccessive.

Il container contenente la/le unità frantumate viene invece scaricato nel piazzale antistante al capannone in cui avverrà la separazione. È evidente che, mantenute all'interno dei container, le unità possono essere stoccate con ordine, richiedendo uno spazio nettamente inferiore rispetto ad un tradizionale piazzale d'attesa.

Per avere un ordine di grandezza dello spazio risparmiato possiamo prendere nuovamente come esempio l'unità a vela analizzata nel paragrafo precedente. Essa proietta sul terreno una figura limite avente 13,5 m² di area. Chiaramente non è realistico non avere perdite di spazio tra un'unità e l'altra ma, per

semplicità di calcolo, considereremo come se fossero tutte perfettamente adiacenti tra loro. Ne risulta che per lo stoccaggio di 20 unità è necessario un piazzale di almeno 270 m² contro i 14,8 m² occupati dal container 20' Dry. È opportuno specificare che i container hanno inoltre la possibilità di essere impilati, raddoppiando quindi la capacità complessiva mantenendo invariata la loro proiezione in pianta. (Fig. 10.a, 10.b)

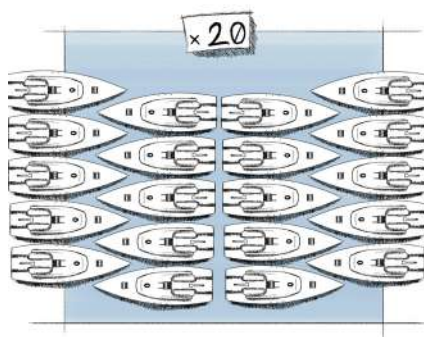


Fig.10.a

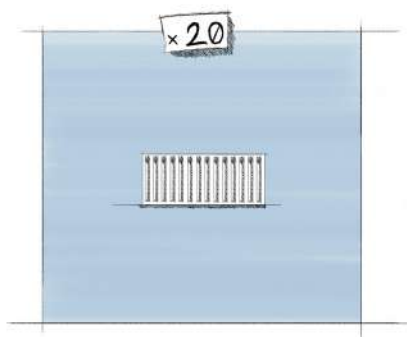


Fig.10.b

3.1.6 Macinazione

Affrontando l'argomento della separazione dei materiali nel capitolo precedente, è stato valutato che una classica frantumazione non porta ad una sufficiente riduzione delle componenti, non garantendo quindi il distacco della quasi totalità dei materiali. Sulla base di ciò è conveniente optare per una prima frantumazione piuttosto grossolana (50mm) che faciliti il trasporto delle unità, mentre solo una volta arrivati in sede si può procedere alla seconda fase di raffinatura dei pezzi tramite macinazione.

Il container selezionato viene quindi trasportato nel capannone tramite un apposito muletto portacontainer.

Il capannone deve essere chiuso e coibentato, evitando sbalzi di temperatura ma soprattutto di umidità poiché nuocerebbero alla qualità delle successive fasi di separazione. Ovviamente il tutto deve avvenire con un costante ricircolo d'aria, la quale deve essere estratta e filtrata con un separatore a vortice per l'abbattimento delle polveri.

Per la macinazione è opportuno procedere con l'ausilio di un mulino a martelli, così da ridurre la pezzatura a scaglie non più grandi di 1 mm. Il materiale viene travasato dal container alla tramoggia grazie all'utilizzo di una benna ribaltabile per muletti e, una volta macinato, cade su un nastro trasportatore palettato che trasporta le briciole verso le successive stazioni di separazione. (Fig. 11)

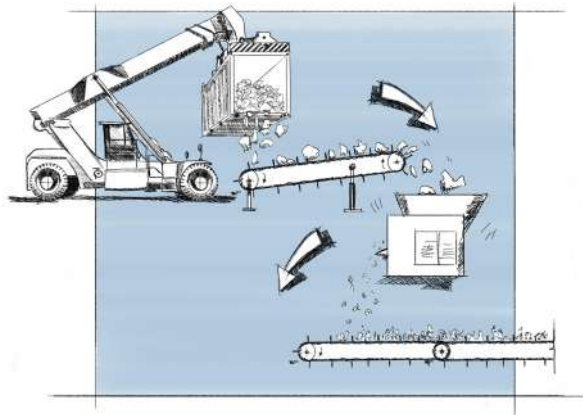


Fig.11

3.1.7 Separazione primaria

Inizia ora la fase cruciale del processo, la separazione delle polveri ottenute dalla macinazione. Chiamarla “fase” è riduttivo poiché in realtà è un susseguirsi di più step atti ad estrarre di volta in volta i vari materiali riciclabili.

Il nastro trasportatore palettato trasporta quindi il materiale presso le varie stazioni di separazione.

- **PRIMA SUDDIVISIONE PER DENSITÀ - LIQUIDO**

Il processo di separazione PSS inizia con una prima scrematura e suddivisione del materiale in due frazioni, la frazione pesante e la frazione leggera. Come analizzato durante le sperimentazioni pratiche del capitolo precedente, per una migliore selezione dei materiali a liquido è opportuno anticipare le successive operazioni con un determinato periodo di essiccazione. Per questo motivo il nastro trasportatore versa il materiale su un apposito essiccatore a nastro orizzontale. Questa tipologia di impianti prevede la distribuzione del materiale sopra a piastre in acciaio perforato. L'aria calda attraversa i fori delle piastre che sono in continuo movimento per vibrazione o scorrimento, mosse da una catena trainante a velocità variabile. Il processo di essiccazione è monitorato da sensori di temperature in entrata ed in uscita dal macchinario stesso. (Fig. 12)

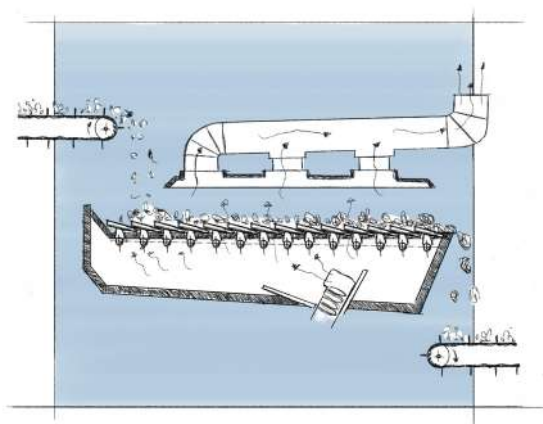


Fig.12

Una volta ridotte le percentuali di umidità all'interno dei materiali igroscopici presenti si può procedere alla vera e propria prima suddivisione per densità. Per fare questo, la tecnica più semplice è l'immersione del materiale in un liquido separatore di densità nota. L'esempio più pratico è utilizzare della normalissima acqua dolce con una densità pari a 997 Kg/m^3 , come visto nel corso della separazione sperimentale applicata nel capitolo 2.

Immergendo il materiale in un'apposita vasca di filtraggio è quindi possibile separare in due blocchi distinti l'intera tabella dei materiali ricavata nel Volume 1 grazie alla loro densità maggiore/minore rispetto a quella del liquido. Infatti ogni materiale presente in tabella con una densità inferiore a $0,997 \text{ Kg/dm}^3$ resterà in sospensione sulla superficie dell'acqua e potrà essere facilmente estratta al contrario dei restanti materiali aventi densità superiore che invece si depositeranno sul fondo. Al termine della rimozione delle polveri galleggianti si procede quindi con il prelievo della frazione pesante depositata sul fondo della vasca. All'uscita della vasca di separazione quindi il percorso si biforca con due nastri trasportatori distinti: il primo trasporta la frazione pesante, da cui dovrà essere estratta la componente metallica ed il vetro, il secondo invece la frazione leggera con all'interno una ricca componente legnosa. (Fig. 13)

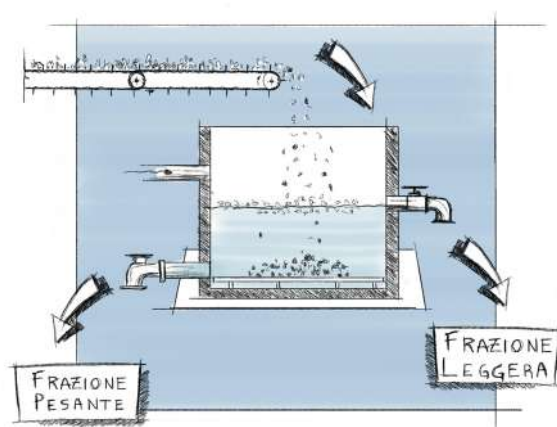


Fig.13

• ESTRAZIONE DEI METALLI

La vera estrazione dei primi materiali è quella dei metalli, poiché è la più semplice nonché la più redditizia in termini di rivendita come materia prima seconda. In seguito alla prima distribuzione per differenza di densità in due frazioni, la totalità della componente metallica ferrosa e non ferrosa si deposita sul fondo visto il suo peso nettamente superiore a quello dell'acqua. Per questo motivo solamente la frazione pesante viene trasportata nella seguente stazione di estrazione dei metalli.

Il nastro trasportatore scorre dapprima sotto ad un secondo separatore magnetico a nastro posto trasversalmente rispetto al flusso; questa tipologia è in grado di intercettare il 99% della componente metallica ferrosa, deviandola in una tramoggia adiacente al nastro trasportatore.

La parte restante viene invece depositata sul secondo nastro di un separatore a tamburo a corrente indotta.

In questo modo vengono estratti dal totale i metalli non ferrosi con una percentuale pari al 95%, intercettando inoltre eventuali materiali ferrosi rimasti erroneamente nel flusso.

All'uscita della stazione di estrazione dei metalli fuoriescono quindi due tramogge separate contenenti la componente metallica ferrosa e la componente metallica non ferrosa mentre la parte restante della frazione pesante, ancora ricca di vetro, viene depositata nuovamente su un nastro trasportatore che la accompagna alle successive stazioni di separazione secondaria. (Fig. 14)

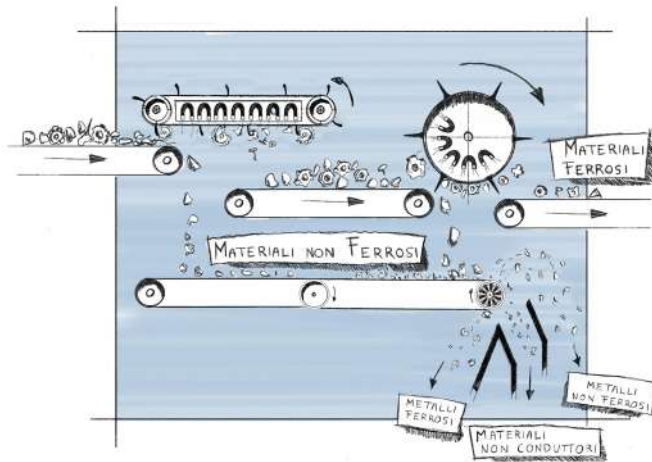


Fig.14

• ESTRAZIONE DEI LEGNI

In contemporanea al passaggio della frazione pesante nella stazione di estrazione dei metalli, la frazione leggera viene invece inviata ad una seconda stazione di lavorazione atta all'estrazione del legno. Come studiato e sperimentato nel capitolo precedente, a differenza della quasi totalità degli altri materiali che compongono la frazione leggera il legno ha un alto tasso di igroscopicità, fattore che diventa quindi discriminante per la sua selezione dall'insieme.

Il nastro trasportatore riversa quindi la frazione leggera in una seconda vasca di filtraggio contenente acqua dolce a densità 997 Kg/m^3 . Come nella vasca della suddivisione primaria, anche in questa seconda vasca l'acqua deve essere in costante movimento per far sì che gli agglomerati di materiali si districhino. Le briciole di legno dapprima restano in sospensione insieme alla restante frazione leggera, successivamente a seconda delle differenti igroscopicità tipiche delle varie tipologie di legno, assorbiranno abbastanza umidità da superare la densità dell'acqua scendendo così a depositarsi sul fondo.

Come emerso nelle prove sperimentali, questa fase deve avvenire sotto costante monitoraggio poiché determinati polimeri leggeri, specialmente schiumati ed espansi, possono imbibirsi e depositarsi a loro volta sul fondo. I tempi di

assorbimento sono comunque dilazionati rispetto a quelli del legno, motivo per cui il controllo costante impedisce il rischio di contaminazione: una volta terminata la discesa del legno è opportuno interrompere immediatamente l'operazione rimuovendo la componente in sospensione.

Questa la descrizione della lavorazione della frazione leggera nella stazione di estrazione dei legni da cui ne fuoriescono due gruppi differenziati: la componente lignea, con al suo interno differenti specie e composizioni (massello, compensati, MDF, ecc.) e il residuo leggero che, grazie ad un apposito nastro trasportatore, viene inviato alle successive stazioni di separazione secondaria.

(Fig. 15)

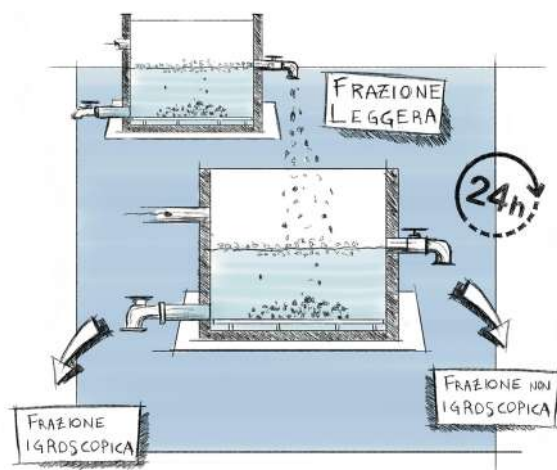


Fig.15

Termina così il primo ciclo di separazione, definita separazione primaria. Grazie alle tre fasi di lavorazione all'interno del ciclo otteniamo quindi cinque differenti frazioni contenenti ancora materiali molto differenti tra loro.

1. Frazione metallica ferrosa;
2. Frazione metallica non ferrosa;
3. Legno;
4. Frazione pesante;
5. Frazione leggera.

3.1.8 Separazione secondaria

Inizia ora il successivo ciclo denominato separazione secondaria, ovvero una serie di ulteriori step atti a disgregare ed isolare ulteriormente le frazioni di uscita proveniente dalle stazioni di separazione primaria.

L'unica frazione che non necessita di una seconda raffinazione è la componente lignea poiché nelle fasi di riciclo viene lavorata in maniera omogenea, indistintamente dalla natura e dalla specie degli elementi in essa contenuti. La tramoggia con il legno per questo viene trasportata presso un compattatore che ne permette la pressatura al fine di essere poi spedita presso un'azienda specializzata nel suo riciclo.

Come previsto nella sperimentazione pratica e supportato dalla ricerca teorica, grazie all'utilizzo delle tavole densimetriche è possibile selezionare ed isolare da un gruppo di materiali ridotti in graniglia quello più leggero o quello più pesante, a parità di forma e dimensione.

La stazione di separazione secondaria perciò è composta da una serie di separatori gravimetrici impostati per estrarre dalle diverse frazioni tutte quelle le briciole di materiali che abbiano di volta in volta uno scarto di peso di almeno $0,3 \text{ kg/dm}^3$ dalle altre. In questo modo dalla frazione pesante è facilmente estraibile il vetro con un peso nettamente superiore alle restanti graniglie salvo per vetri particolarmente leggeri. Diventa infatti un'operazione più complessa nel caso di vetri con densità intorno ai $2,5 \text{ kg/dm}^3$ che rischiano di restare miscelati a plastiche rinforzate piuttosto pesanti come il PTFE da $2,04 - 2,21 \text{ kg/dm}^3$.

Con determinati accorgimenti comunque la quasi totalità del vetro può essere pulita ed inviata ai centri di riciclo addetti alla sua lavorazione.

Sempre dalla frazione pesante inoltre è isolabile con una buona percentuale di accuratezza anche la componente in fibra di vetro laminata, ovvero la vetroresina. In questo modo si dispone già del prodotto "ultimo" pronto all'unico riutilizzo della vetroresina attualmente consolidato: anche nei processi di demolizione tradizionale il materiale viene macinato tramite regrinding e successivamente rivenduto come compound. Anche nella frazione metallica è possibile lavorare tramite tavole densimetriche, specialmente per l'estrazione

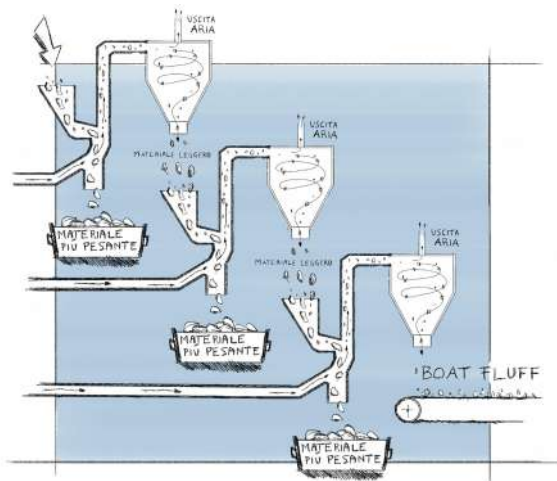


Fig.16

3.1.9 Riciclo e Smaltimento

dell'alluminio, nettamente più leggero rispetto agli altri metalli.

Diventa invece più complessa la separazione completa della frazione leggera e della frazione pesante, con difficoltà legate principalmente alle scelte costruttive iniziali. (Fig. 16)

È possibile affermare che questo processo di demolizione è adatto allo smaltimento dell'attuale parco nautico in disuso con percentuali di accuratezza mediamente soddisfacenti ma le sue vere potenzialità sono rivolte ad un nuovo concetto di produzione nautica che tenga in considerazione dalle prime fasi progettuali di questo metodo di separazione, compiendo quindi scelte costruttive propense al miglioramento della separazione per densità a fine vita.

Terminate le fasi di separazione dei materiali, il ciclo di demolizione PSS torna a riallinearsi alle consuete operazioni di smistamento delle frazioni di risulta presso le aziende atte al riciclo dei vari materiali, falegnamerie, fonderie metalliche e per lavorazioni plastiche e vetrerie. Il vantaggio, anche in questo caso, si fonda proprio sulla compattezza del materiale frantumato il cui ritiro e trasporto risulta nettamente più economico. Grazie ad appositi compattatori posizionati strategicamente al termine di ogni linea di lavorazione infatti il materiale può essere pressato e ridotto ulteriormente di volume, così da permetterne un immagazzinamento in appositi container di scambio "vuoto-per-pieno"on gli enti di riciclo. (Fig. 17)

Deve essere presente inoltre un'area dove verranno stoccati i rifiuti speciali ed i rifiuti pericolosi che invece sono necessariamente presi in consegna da discariche attrezzate.



Fig.17

3.2.1 Selezione dei macchinari

3.2 Stazione di demolizione itinerante

Grazie al confronto diretto con gli addetti ai lavori di demolizione (di unità da diporto, di auto, di scarti industriali e di smaltimento rifiuti) è stato possibile procedere ad una selezione dei macchinari necessari alla triturazione in loco di un'unità da diporto.

Le aree di interesse sono state le seguenti:

- Preparazione e messa in sicurezza
- Bonifica
- Pre-demolizione
- Triturazione
- Stoccaggio

Nel corso della precedente descrizione sono state quindi individuate le lavorazioni necessarie nonché gli accorgimenti da prendere, permettendo qui di seguito di completare l'ipotesi del ciclo di demolizione PSS con una lista plausibile del necessario.

La prima fase concerne l'arrivo in loco e la predisposizione dell'area di lavoro. Sono stati quindi selezionati:

- **Casetta-ufficio** da circa 10 m² assemblabile per area amministrativa, spogliatoio e porta-attrezzi.
Questo elemento può essere facoltativo a seconda della durata dell'intervento.
Dimensioni lorde per il trasporto: 2000mm x 1100mm x 2600 mm
(Fig. 17, 18)



Fig.17

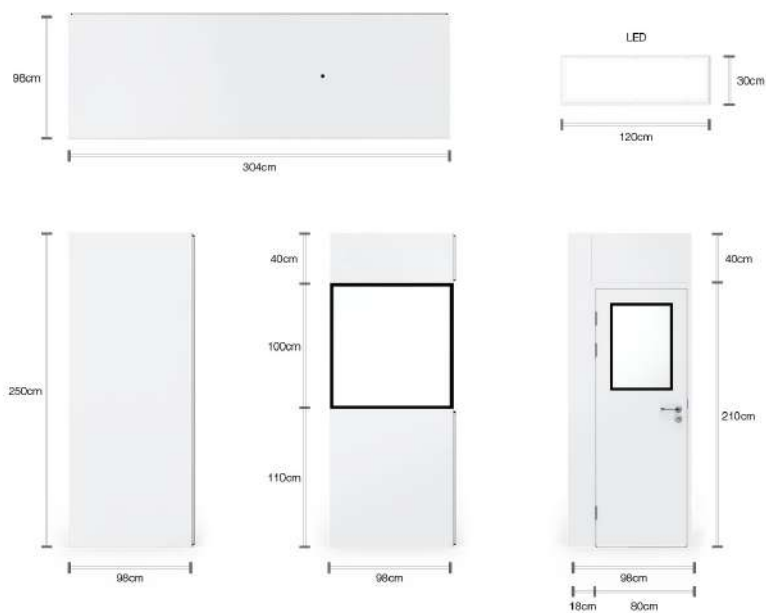


Fig.18

- **Bagno chimico:** questo elemento può essere facoltativo a seconda della disponibilità del sito dell'unità.
Dimensioni lorde per il trasporto: 1060mm x 1060mm x 2200mm (Fig. 19, 20)



Fig.19

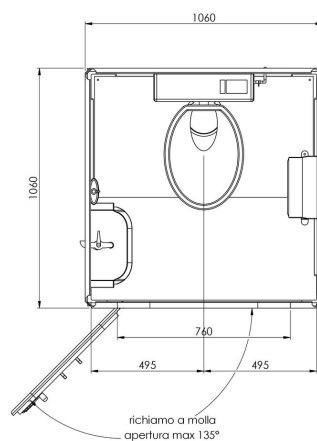


Fig.20

- **Generatore di corrente:** questo elemento può essere facoltativo a seconda della disponibilità del sito dell'unità.

Il gruppo elettrogeno è necessario per la produzione di corrente elettrica atta all'illuminazione dell'ufficio quando presente e soprattutto per il funzionamento dell'estrattore delle polveri prodotte con la frantumazione.

Il generatore tipo selezionato offre 15 ore di autonomia con 230 litri di serbatoio (diesel) ed ha una cilindrata di 800cc per una produzione di corrente alle due tensioni 230v e 400v per un totale di 10Kw.

Dimensioni lorde per il trasporto:

1450mm x 970mm x 970mm

(Fig. 21)



Fig.21

- **Telo in polietilene:** ogni lavoro di demolizione deve avvenire tassativamente sopra ad un apposito telo di polietilene che salvaguardi l'ambiente dalla dispersione di materiale contaminante, specialmente liquidi.

I teli in questione vengono immagazzinati insieme ad altre attrezzature negli scatolati in lamiera posizionati al di sotto del pianale dei rimorchi, senza quindi togliere spazio di carico utile. (Fig. 22)



Fig.22

- **Tensostruttura:** è necessaria l'installazione di una tensostruttura per il contenere il frantumatore. Le dimensioni adeguate sono 10m per 6m con un'altezza non inferiore ai 4m. Una volta impacchettate, tensostrutture di queste dimensioni restano in box trasportabile di 2000mm x 1000mm x 500mm. Tensostrutture di queste dimensioni sono montabili in circa 4 ore di lavoro. (Fig. 23)



Fig.23

- **Estrattore e abbattitore:** per assicurare l'estrazione dell'aria viziata dalla tensostruttura, ed in particolare per evitare la dispersione di polveri nocive nell'aria, è necessaria l'installazione di due estrattori d'aria con filtro abbattitore di polveri. Questa tipologia di estrattori necessita di 2,2 kW ed ha una capacità di estrazione di 5000 m³/h e sono consigliati uno ogni 1000 m³ di ambiente. L'ingombro per il trasporto sono di 1150 mm x 780 mm x 805 mm. (Fig. 24)



Fig.24

Per la bonifica invece sono necessari i seguenti strumenti:

- **Impianto di aspirazione liquidi:** per l'estrazione e il pompaggio dei carburanti occorre un impianto a 2 vie dedicate rispettivamente a benzina e gasolio. Sono consigliabili pompe con piccole cisterne trasparenti per il controllo visuale della qualità del combustibile per il successivo riutilizzo. I liquidi vengono travasati in appositi serbatoi prenotati e consegnati in loco da apposite aziende specializzate nel loro ritiro, non necessitano quindi di essere trasportati insieme alla stazione di demolizione mobile. L'impianto invece ha dimensioni per il trasporto di 800 mm x 500 mm x 1600 mm ed è in grado di estrarre fino a 50 litri/minuto. (Fig. 25)



Fig.25

- **Estrattore olio pistoni:** è inoltre necessario aggiungere all'impianto di aspirazione liquidi una speciale punta perforatrice adatta a forare ed estrarre olio da pistoni idraulici in pressione. (Fig. 26)



Fig.26

- **Pompa di lavaggio ad alta pressione:** è opportuno prevedere un'idropulitrice apposita con l'obiettivo di pulire e disincrostate condotte e serbatoi da sostanze pericolose. Questa tipologia di idropulitrice coniugano elevate pressioni (fino a 2500 bar) e basse portate (ca. 15 l/min). Le dimensioni di queste pompe si aggira intorno ai 2000 mm x 1200 mm x 1000 mm. (Fig. 27)



Fig.27

Per le fasi vere e proprie di demolizione invece servono determinati strumenti sia manuali che meccanici. Principalmente sono necessarie:

- **Seghe elettriche tradizionali:** le seghe elettriche servono per il taglio preliminare di porzioni di imbarcazione. (Fig. 28)



Fig.28

- **Seghe a gattuccio:** come le seghe elettriche, le seghe a gattuccio utilizzate dagli operatori sono utili a sezionare l'unità in pezzi più pratici da trasportare al frantumatore. (Fig. 29)



Fig.29

- **Escavatore a polipo:** sul camion è necessario il posizionamento di un escavatore con una benna a polipo. Questo tipo di allestimento è già presente su camion atti al ritiro di prodotti da demolire e sono presenti sul mercato anche con container auto-scarrellabile. (Figg. 30, 31)



Fig.30



Fig.31

- **Frantumatore a cilindri:** l'apparecchio più impegnativo della stazione di demolizione mobile è sicuramente il frantumatore a cilindri. Ne esistono di differenti dimensioni e velocità, ma non sono molti i frantumatori nati per essere trasportabile senza necessità di un trasporto eccezionale. (Fig. 32) È stato qui selezionato un esempio di frantumatore le cui dimensioni di trasporto sono le seguenti:
Lunghezza di trasporto: 5600mm
Larghezza di trasporto: 2250mm
Altezza di trasporto: 2690mm



Fig.32

- **Trituratore motori:** il secondo strumento fondamentale per operare fuori sede è il trituratore per motori endotermici. Infatti non è consigliabile inserire i blocchi motore direttamente nel frantumatore senza prima esser stati pre-triturati da un'apposita macchina. La dimensione ottimale ha la bocca di ingresso di 1000mm x 1000mm e le sue dimensioni di trasporto sono 3980 mm x 1000mm x 2823mm. (Figg. 33, 34)

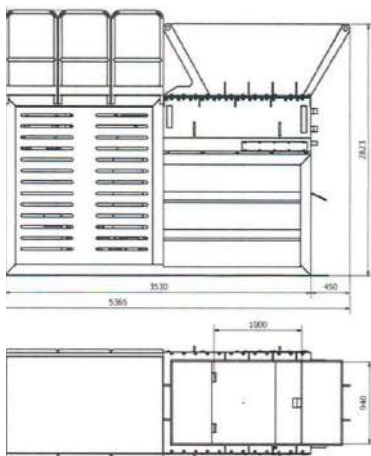


Fig.33



Fig.34

- **Nastro palettato:** è inoltre opportuno prevedere il posizionamento di un nastro trasportatore palettato di ausilio al carico del materiale frantumato all'interno del container.

La misura ottimale è di 4 metri di lunghezza con una larghezza che può variare dai 30 ai 50 cm. La movimentazione è elettrica e solitamente richiede un'alimentazione monofase da 0,75 kW, facilmente recuperabile dal generatore selezionato.

(Fig. 35)

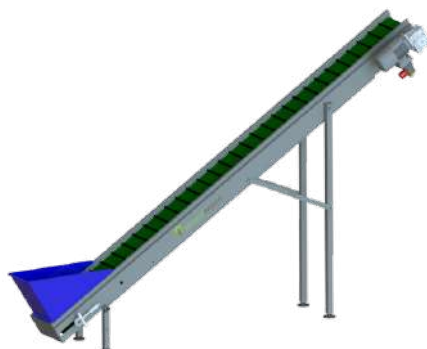


Fig.35

Per il trasporto delle sezioni fino al frantumatore sono invece utili:

- **Carriole tradizionali**
- **Motocarriole** (Fig. 36)



Fig.36

- **Container:** La selezione del container più adatto ai vari interventi è fondamentale per risparmiare spazio a bordo del convoglio. Infatti, come abbiamo precedentemente visto, a seconda della tipologia di unità da smaltire la sostanziale riduzione volumetrica permette di inserire un numero elevato di barche all'interno dello stesso container. È necessario che la scelta ricada comunque all'interno della categoria di container definiti "open-top", ovvero a carico verticale con apertura superiore.

Il container open top di minor dimensione è da 10ft, con una capacità utile di 14,8 m³. Salvo operazioni di recupero di unità particolarmente grandi o di un gran numero di relitti, questo container è già sufficiente al trasporto di svariate unità come calcolato in precedenza. Le dimensioni per il trasporto sono di 3m x 2.43m x 2.59m. (Fig. 37)



Fig.37

3.2.2 Metodo di spostamento

Per definizione la stazione mobile itinerante deve poter raggiungere la/le unità da demolire e non il contrario e per questo motivo l'intera attrezzatura appena elencata deve essere resa trasportabile, necessitando quindi di determinati accorgimenti logistici. In primis è utile ragionare sul fatto che a livello di costi è importante calcolare un solo trasporto di andata e ritorno per mezzo di un unico veicolo articolato che permetta una modularità del convoglio. Infatti non è sempre necessario dover trasportare l'intera stazione mobile sul luogo della demolizione, soprattutto per unità più piccole. Diventa anche utile un secondo mezzo di dimensioni molto più contenute ma più agile e veloce per eventuali sopralluoghi.

Per le configurazioni possibili sono state prese in considerazione le "Dimensioni ammissibili dei trailer" secondo la direttiva 96/53/C di cui di seguito uno schema. (Fig. 38)

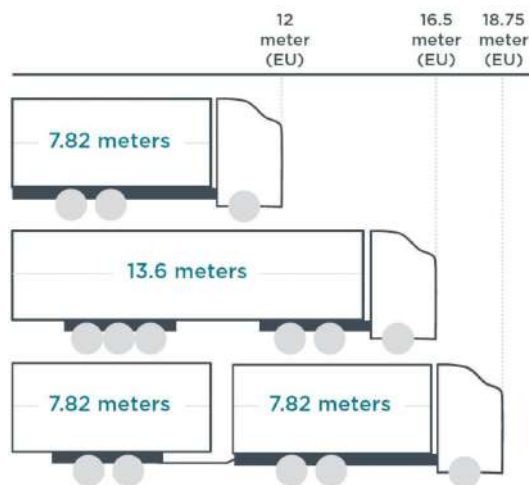


Fig.38

La soluzione completa, la più gravosa in termini di complessità logistiche, è la movimentazione dell'intera stazione mobile. Chiaramente questo succede esclusivamente nel caso di operazioni complesse di lunga durata in cui è richiesta la demolizione di più unità in contemporanea. La movimentazione in questo caso è distribuita su due veicoli.

Il primo a raggiungere il sito è un camion con pianale utile da 7.90 metri, un mezzo relativamente maneggevole e rapido che permette di recarsi velocemente sul posto ed allestire lo spazio. Sul veicolo vengono posizionati il generatore, le pompe per la bonifica, la tensostruttura con il sistema di estrazione ed abbattimento delle polveri, gabbietto operativo, W.C. chimico. Gli operatori possono quindi iniziare ad allestire il campo e procedere con la bonifica delle unità e, se necessario, pre-sezionare in porzioni le barche per trasportarle al trituratore.

Successivamente il sito verrà raggiunto anche dal secondo mezzo, un autocarro

articolato con doppio pianale da 7.90 metri. Sul secondo mezzo, dotato di gru con benna a polpo, viene alloggiato il frantumatore primario mentre sul suo rimorchio vi è lo spazio per il riduttore volumetrico dei motori endotermici ed un container open top 10 ft.

Nel caso di un numero elevato di unità da smaltire, al primo veicolo è possibile raddoppiare il volume utile con l'aggiunta di un modulo rimorchio da 7,90 su cui alloggiare uno o due container di differenti dimensioni.

Chiaramente la proposta di distribuzione è solo una tra tante, a seconda della strategia e del percorso infatti è relativamente semplice modificare la posizione delle componenti lungo il convoglio. Così facendo con la movimentazione di due veicoli è possibile procedere al ritiro di un grande numero di unità senza dover effettuare alcun trasporto eccezionale. Inoltre per le operazioni analizzate è stata preventivata una disponibilità minima di tre operatori; considerando che ogni camion porta due passeggeri più il conducente, si ottiene un totale di sei operatori sul campo, rispettando così la richiesta di manodopera.

Resta fondamentale la valutazione delle operazioni da svolgere poiché nell'eventualità di unità particolarmente piccole o di armatori che non richiedono la demolizione dell'apparato propulsivo, diventa possibile la movimentazione del cantiere con un solo autocarro articolato. (Fig. 39)

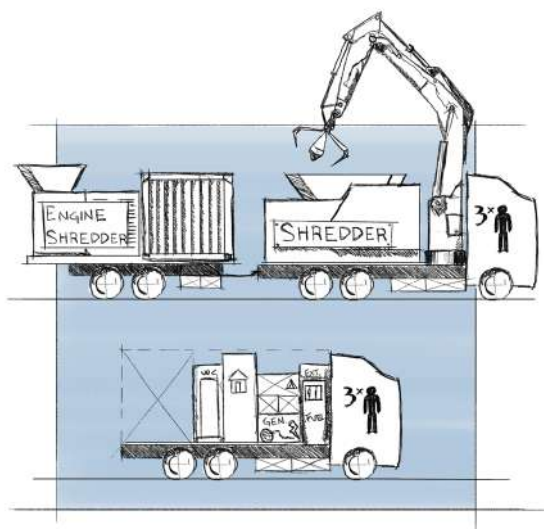


Fig. 39

3.3.1
Cosa è accaduto?
Difficoltà
pervenute e casi
di smaltimento
illecito

3.3 Confronto con un caso studio – RAPALLO 2018

Come è stato sottolineato nelle premesse, se il processo di demolizione PSS porta a discreti vantaggi sulla demolizione singola o comunque di un numero esiguo di unità, il suo potenziale raggiunge livelli ben più elevati quando si tratta di demolizioni collettive programmate su vasta scala. Basti pensare ai nostri litorali, le sponde dei laghi o dei corsi d'acqua per realizzare la mole di unità da demolire presenti sul territorio.

Lasciando da parte momentaneamente il settore degli armatori privati, per gli enti territoriali i casi più critici a cui gli eventi possono portare sono principalmente due:

- Natanti non immatricolati abbandonati nel corso degli anni;
- Catastrofi naturali o incidenti che coinvolgono numeri elevati di unità in contemporanea;

Proprio nel corso della presente ricerca triennale, precisamente il 29-30 ottobre 2018, abbiamo assistito ad un grandissimo disastro causato dall'azione congiunta di forte vento (100-120 Km/h) e violento moto ondoso che ha sfiorato i 10 metri d'onda che, abbattendosi violentemente sul levante ligure, hanno provocato cedimento delle dighe foranee del porto pubblico di Santa Margherita Ligure e il porto turistico internazionale "Carlo Riva" di Rapallo.

Ed è proprio lo sgretolarsi della diga del porticciolo di Rapallo ad aver provocato i danni maggiori, causando l'affondamento di imbarcazioni sia ormeggiate nel porto pubblico e in quello privato. Infatti per via della rottura e dello strappo dei vari ormeggi sono state centinaia le unità da diporto ad essere sospinte fuori dal porto "Carlo Riva", sballottate alla deriva e colpite dalle onde che finirono per affondarle nel golfo rapallese o farle naufragare violentemente contro il lungomare della città.

In totale vennero dichiarate inagibili e quindi da demolire 435 barche, di cui il 90% unità da diporto sotto ai 24 metri. (Fig. 40)



Fig. 40

Il recupero delle unità è durato oltre 12 mesi, reso difficoltoso dalla quantità di unità semiaffondate e affondate ma soprattutto dai problemi logistici di spedizione delle barche ai vari centri di demolizione.

Sono stati organizzati trasporti via terra e, quando le dimensioni delle unità ne impedivano il trasporto su gomma, via mare, con costi di gestione ben più alti. (Figg. 41, 42)



Fig. 41



Fig. 42

Sfortunatamente, come spesso accade nella gestione dei rifiuti, sono state compiute determinate operazioni di recupero e smaltimento illecito dei relitti a costi più bassi dei comuni preventivi. Secondo gli inquirenti, gli indagati si sarebbero infatti avvalsi di aziende collegate alla criminalità organizzata per smaltire a costo inferiore le unità danneggiate; in particolare gli indagati sono risultati coinvolti nel trasporto, stoccaggio, gestione e smaltimento illecito di rifiuti pericolosi.

L'organizzazione mafiosa aveva elaborato un sistema di gestione illecita di rifiuti economico poiché non curante del pericolo ambientale connesso all'inquinamento dello specchio acqueo di Rapallo e di due Siti di Interesse Regionale (S.I.R) nella Provincia di Massa Carrara, con un ricavo di oltre 3 milioni di euro, movimentando e gestendo circa 670 tonnellate di rifiuti non tracciati. Per ogni unità è stato pagato un prezzo forfettario che includeva il trasporto

e lo smaltimento ma, una volta prelevate, le unità sono state abbandonate in piazzali di proprietà di organizzazioni criminali. (Figg. 43, 44)



Fig. 43



Fig. 44

3.3.2 I vantaggi dell'applicazione di un processo di demolizione PSS

A prescindere dallo svolgimento eticamente discutibile delle operazioni in questione, è possibile intuire come i vantaggi di un processo di demolizione PSS siano esponenzialmente maggiori rispetto a quanto è stato svolto. Infatti considerando sia il problema di partenza, ovvero le unità inizialmente concentrate a Rapallo, sia i fatti attuali, quindi le decine di unità ammassate ed abbandonate illegalmente in piazzali sotto sequestro, maggiore è il numero di unità in un unico luogo maggiori sono i vantaggi nello “spostare” in loco il centro di demolizione piuttosto che organizzare un viaggio per ogni unità presente.

Il numero delle unità trasportate su gomma si aggira intorno a 280, la lunghezza media delle unità è di 9-11 metri. Le barche da demolire sono state talvolta caricate a due a due o addirittura a tre per risparmiare sulle spese di trasporto; ipotizzando che siano state tutte ottimisticamente trasportate tre alla volta, ne consegue che sono stati necessari almeno 93 trasporti. Considerando i calcoli compiuti nella fase introduttiva del processo PSS dove risultava che in un container da 40ft “Hight cube” è possibile inserire fino a 50 unità di 8 metri ridotte volumetricamente in graniglia, possiamo pessimisticamente ipotizzare che per le unità di 9-11 metri il numero scenda a 35. Nonostante questo, è chiaro che la quantità di trasporti si riduce notevolmente: portando 35 unità pre-triturate alla volta, sono necessari solo 8 trasporti non eccezionali con enormi vantaggi logistici, economici e di riduzione delle emissioni di CO2.

Inoltre per far fronte alla grande diversità di unità da trattare, sono stati interpellati differenti centri di demolizione ognuno specializzato in una determinata tipologia/dimensione di barca, creando un sovraffollamento di camion ed aziende sul lungomare già martoriato e reso poco praticabile dagli ingenti danni causati dalla mareggiata, contribuendo con una confusione logistica non indifferente.

Nel marzo 2020 le operazioni di recupero non erano ancora concluse, al punto che un articolo pubblicato su TWEBNEWS – Il Tigullio in un click mostra le immagini di una barca a vela di oltre 10 metri che ancora viene recuperata, non senza grandi difficoltà: viste le condizioni critiche causate dall'indebolimento dello scafo, la barca si è spezzata durante il recupero. L'ha rottura ha automaticamente trasformato l'unità in un potenziale rischio in caso

di trasporto su terra e per questo è stato optato per il suo carico su una chiatta galleggiante che, trainata, l'ha trasportata fino a Genova dove sono avvenute le successive operazioni di smaltimento.

La stessa sorte è stata condivisa da molteplici unità; tutte le barche che rischiavano di sbriciolarsi per gli ingenti danni subiti hanno richiesto difficoltose procedure di messa in sicurezza per il trasporto, portando così alla dilatazione non programmata di tempistiche e costi. Nei casi peggiori, proprio come per l'unità in questione, la messa in sicurezza non è però risultata sufficiente per il trasporto stradale e pertanto si è rivelato obbligatorio il trasporto via mare fino ai porti in grado di poterle demolire. Con un processo PSS le condizioni dello scafo chiaramente non comportano cambiamenti né di costi né di tempi poiché la pre-frantumazione annulla questo genere di rischi standardizzando quindi le modalità di trasporto.

Un ultimo ma non ultimo grande vantaggio dell'applicazione PSS in scenari come la mareggiata di Rapallo è apprezzabile da un punto di vista burocratico. Infatti, come studiato nel Volume 1 – Prevenire, al termine della demolizione è obbligatorio presentare in Capitaneria di Porto un documento rilasciato dall'ente demolitore che certifichi l'avvenuta (corretta e conclusa) distruzione dell'unità. Solamente dopo la consegna di questo documento la barca è ufficialmente cancellabile dai registri e non grava più alcuna responsabilità sull'armatore. Sfortunatamente nel corso degli eventi più armatori si sono lamentati del fatto che, oltre alle ingenti spese di demolizione ed al danno subito, hanno dovuto attendere anni affinché la loro unità fosse effettivamente demolita; questo prolungamento, dovuto all'ingente numero di unità in attesa, ha obbligato gli armatori a continuare a pagare le tasse sulla loro proprietà e mantenere attive le assicurazioni.

Al contrario in un processo PSS il certificato di avvenuta demolizione è rilasciabile sin dalle prime fasi poiché lo shredder primario è già burocraticamente considerabile una demolizione a tutti gli effetti.

Frantumando immediatamente le unità quindi, oltre all'enorme spazio di stoccaggio risparmiato per il comune, avrebbe permesso una maggior flessibilità nell'organizzazione dei tempi di attesa senza ulteriori perdite economiche per gli armatori.

Si stima inoltre che la frantumazione delle barche in attesa avrebbe permesso non tanto di velocizzare il processo complessivo quanto almeno il primo recupero delle unità, offrendo la possibilità di anticipare le operazioni di bonifica dell'ambiente marino ben prima di quanto invece è stato permesso dalla strategia canonica utilizzata. Questo ritardo non ha solo gravato sull'ecosistema, bensì ne ha risentito economicamente l'intera città che ha dovuto attendere il 3 maggio 2021 per vedere finalmente il tanto atteso inizio dei lavori di ricostruzione del porto.

Concludendo, il processo PSS è un tentativo di standardizzare la dismissione delle unità da diporto ottimizzando ed automatizzando le operazioni da compiere, a prescindere dalla loro dimensione, tipologia o tecnica di costruzione.

Nel caso specifico di Rapallo le fasi avrebbero potuto ipoteticamente essere le seguenti:

- Come accaduto, arginamento dello specchio d'acqua con i relitti in modo da limitare il più possibile la dispersione di materiali e liquidi nocivi in mare;
- In contemporanea alla messa in sicurezza dell'ambiente e delle unità, un numero N di convogli 1 (autocarri non articolati) raggiunge il lungomare di Rapallo e predispone l'area di cantiere;
- I relitti iniziano ad essere estratti uno per filiera e depositati a terra dove, grazie alle pompe di aspirazione a due vie, serbatoi e liquidi generici vengono estratti e pompati in serbatoi noleggiati da terzi. Vengono intanto sbarcate le batterie ed altri rifiuti pericolosi;
- Durante le operazioni di bonifica raggiungono il campo lo stesso numero N di convogli 2 (autocarri articolati) che posizionano i frantumatori nei tendoni allestiti dal convoglio 1;
- Si inizia con la frantumazione delle unità. Le barche dalla stazione di bonifica vengono prelevate a pezzi e frantumate, caricandole nel numero N di container arrivati con i convogli 2. Di volta in volta viene rilasciato il modulo di certificazione di avvenuta demolizione in modo che gli armatori possano richiedere immediatamente la cancellazione delle proprie unità dai registri;
- Durante la fase di frantumazione del primo ciclo di unità, le stazioni di bonifica sono pronte ad accogliere il secondo ciclo di unità. Nel frattempo le motrici dei convogli 1 parte per andare a recuperare un numero N di container da sostituire "vuoto per pieno" ai container che si andranno a riempire.
- Man mano che si arriva a saturazione dei container, le motrici dei convogli 2 partono per trasportare i container pieni di materiale presso il sito di separazione e smaltimento, mentre le motrici dei convogli arrivano con i nuovi container vuoti a ricominciare il processo.
- Arrivato il primo ciclo di container alla sede di smaltimento si attivano le stazioni di separazione primaria e secondaria, così da iniziare l'estrazione dei materiali.
- I rifiuti pericolosi ed i liquidi estratti nella fase di bonifica vengono invece lasciati a presso la sede temporanea allestita in loco per essere periodicamente prelevati dagli enti locali atti al loro trattamento.

Come si nota da questa preliminare ritmica delle operazioni, il grande cambiamento ipotizzato è la suddivisione del processo in stazioni distinte disposte in successione che mantengano la possibilità di lavorare in contemporanea. Questa scelta spalanca un ventaglio di nuove opportunità logistiche, non argomento di questa ricerca, che una demolizione tradizionale non permette di valutare.

4.1 Cos'è quindi il Boat Fluff?

Nel corso del Volume 1 – Prevenire, ed in particolare nel capitolo in cui l'oggetto d'analisi è lo stato dell'arte delle demolizioni (nautiche e non), viene più volte citato come esempio di processo standardizzato il ben più controllato e regolamentato mondo dell'automotive. Tralasciando ora gli aspetti logistici ed economici, è opportuno focalizzare l'attenzione su due considerazioni significative che purtroppo momentaneamente mantengono un grande distacco tra il mondo della demolizione automobilistica, sempre al passo con le innovazioni tecnologiche, e quello della dismissione delle unità da diporto, di gran lunga in ritardo rispetto al primo.

1. Obiettivi

Ciò che più contraddistingue il settore dell'automotive è il livello di sensibilità sempre maggiore sugli aspetti ecologici dettato dall'informazione e dagli incentivi, ma soprattutto la grande differenza viene fatta con la presenza di normative approvate internazionalmente che pongono obiettivi mirati. Come anticipato in precedenza infatti la Direttiva 2000/53/CE, recepita con il D.lgs. 209/2003, obbliga gli stati membri della Comunità Europea a raggiungere determinati obiettivi minimi di riciclo e di recupero. In particolare la Direttiva ha posto il vincolo di raggiungere entro il 2015 la percentuale minima dell'95% di riciclo o recupero sul peso complessivo dell'auto.

In realtà secondo lo studio "Veicoli a fine vita e recupero del car fluff: stato dell'arte e prospettive", realizzato nel 2017 dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile in collaborazione con A.I.R.A. (Associazione Industriale Riciclatori Auto), siamo ancora lontani dall'obiettivo. In Italia ad esempio ai tempi del documento (2017) non era ancora stato raggiunto neanche l'obiettivo intermedio dettato da una prescrizione comunitaria che imponeva il minimo di 85%. Si è infatti stimato che la percentuale media si aggira intorno all'84,7%. Il restante 15,3% è invece composto dal cosiddetto Car Fluff, ovvero la frazione residua di scarto. L'obiettivo di ridurre questa percentuale residua ad un massimo di 5% è quindi ancora lontano ma la cosa importante è che il target sia presente, fissato chiaramente ed ambito da costruttori e demolitori. Quest'ultimi infatti, anno dopo anno, migliorano queste percentuali grazie a protocolli sempre più restrittivi creati sulla triplice sinergia tra chi costruisce, chi demolisce e chi disciplina/controlla.

2. Collaborazione

Questa sinergia appena citata è il secondo tassello fondamentale che ancora manca nel settore della dismissione nautica. Nell'automotive il progetto è regolamentato da una legislazione puntuale che guida nelle scelte di materiali specifici in base a due parametri principali: la sicurezza e la riciclabilità. La sicurezza è sicuramente il primo fattore determinante che talvolta obbliga a selezionare materiali senza possibilità di valutare alternative, come ad esempio per le cinture di sicurezza. Esse devono

essere forti e resistenti ma al tempo stesso flessibili e resistenti al taglio e pertanto sono principalmente create da intrecci di fili polimerici, solitamente il Polietilene Tereftalato. Salvo però altri casi specifici relativi alla sicurezza (attiva e passiva) i restanti materiali vengono scelti in base alla possibilità di essere o no riciclati. Per questo negli anni sono state monitorate in continuazione le fasi di dismissione delle auto, registrando di volta in volta le relative difficoltà ed agendo di conseguenza sia con il miglioramento del processo di separazione sia agendo in partenza, ovvero limitando materiali e giunzioni.

Questo controllo è ancora assente nel settore nautico, come anche le normative che regolano sia la costruzione che la demolizione nell'ottica della riciclabilità, ma soprattutto è stata riscontrata l'assenza di comunicazione tra chi costruisce e chi demolisce.

Se nel mondo dell'automotive il Car Fluff è ormai classificato e se ne conosce la composizione e la provenienza, non si può affermare lo stesso nella nautica. Non essendoci una tecnica di demolizione uniformata infatti non si è mai ufficialmente stimato quanto di una barca è riciclabile e quanto no, o più nel dettaglio non ci si è mai soffermati su cosa resta di non riciclabile.

Considerando il processo di demolizione PSS è invece introducibile il concetto di Boat Fluff, termine con cui indicare la percentuale residua non separabile appartenente sia alla frazione leggera che alla frazione pesante. Standardizzando ed industrializzando il sistema di demolizione e riducendo al minimo la componente di manodopera è pensabile finalmente iniziare a registrare dati in merito alla composizione della frazione residua, dati confrontabili ed analizzabili per ottenere nuove informazioni su cui lavorare per migliorare l'intero processo.

Per quanto abbiamo sperimentato grazie alla separazione primaria siamo in grado di escludere con certezza dal Boat Fluff la presenza di componenti metalliche ferrose e non ferrose, di legno e dei suoi derivati. Inoltre grazie alla separazione secondaria ipotizzata è possibile separare con ottime percentuali di pulizia tutte quelle briciole di materiale con uno scarto di peso di almeno 0,3 kg/dm³ dalle altre, tra cui quindi anche il vetro e le briciole di vetroresina.

Con queste premesse quindi definiamo Boat Fluff tutti quei materiali che presentano una differenza di peso inferiore a 0,3 kg/dm³ che restano quindi inseparabili tra loro e che proprio a causa di questa impossibilità di separazione risultano non riciclabili né termovalorizzabili.

4.1.1 Composizione

È ormai chiaro che ogni modello di unità da diporto risulta essere differente dagli altri sotto molteplici aspetti, variabili che vanno dall'anno di costruzione alle tecnologie produttive. Inoltre è stato studiato nel Volume 1 – Prevenire come al crescere delle dimensioni accrescano proporzionalmente le possibilità di customizzazione (specialmente degli ambienti interni) e come conseguenza si ampli esponenzialmente il ventaglio di materiali utilizzabili.

Per questo motivo anche la percentuale residua di Boat Fluff varia drasticamente di unità in unità e perciò non è verosimile uniformarne la composizione come

nel mondo dell'automotive. Al contrario seguendo un processo di demolizione PSS ogni unità da diporto avrà la sua peculiare composizione di fluff residuo dettato dalle scelte attuate in fase di progetto e costruzione. Al fine della ricerca possiamo però generalizzare questa composizione poiché, a prescindere dalle differenze costruttive, i materiali si raggrupperanno sempre a seconda della loro differenza di peso inferiore o superiore al valore discriminante 0,3 kg/dm³ (sensibilità di taratura del macchinario). Su questa logica è possibile sfruttare le tabelle costruite nel corso del Volume 1 – Prevenire e generare una prima sotto-suddivisione di agglomerati di materiali appartenenti alle due frazioni (leggera e pesante) ipotizzando la programmazione del separatore alla sensibilità massima di 0,3 kg/dm³. Questo significa che di volta in volta si accrescerà la potenza di separazione andando a generare lo spostamento gravimetrico basato su multipli di 0,3 kg/dm³.

Si noti come determinate fasce densimetriche siano vuote, specialmente per la frazione leggera. Questo fatto si spiega poiché i materiali appartenenti a quelle determinate fasce sono già stati estratti nella separazione primaria. Ad esempio alle due fasce di peso consecutive tra 0,3 – 0,6 kg/dm³ e tra 0,6 – 0,9 kg/dm³ appartengono esclusivamente legni e suoi derivati, estratti nella seconda stazione della separazione primaria-frazione leggera. La tabella mostra esclusivamente i materiali ancora presenti a posteriori della separazione primaria dei quali è stato possibile ricavare la densità, mancano invece gli altri materiali dei quali questa informazione è mancante o è stata reputata non verosimile. Inoltre non sono stati inseriti quei materiali che erano gli unici ad appartenere ad una determinata fascia poiché possono essere automaticamente considerati estratti con successo. (Tabb. 01, 02, 03)

Boat Fluff - FRAZIONE LEGGERA			
Frazione Leggera 0 - 0,3 Kg/ dm ³		Densità	
polietilene espanso		0,015	
poliuretano espanso rigido (PU) - Low density		0,018	
feltro sintetico		0,022	
schiuma poliuretanica a cellula chiusa		0,025	
copolimero etilenevinilacetato - EVA 30 a cellule chiuse		0,030	
polietilene espanso cellule chiuse densità 30		0,030	
poliuretano - PU schiuma		0,042	
polivinilcloruro espanso - PVC espanso		0,042	
poliuretano espanso rigido (PU) - Medium density		0,045	
poliuretano espanso rigido (PU) - High density		0,060	
copolimero etilenevinilacetato - EVA 100 a cellule chiuse		0,088	
fibre di cocco		0,090	
polivinilcloruro espanso - PVC espanso cellule chiuse		0,120	
feltro animale		0,300	
Frazione Leggera 0,6 - 0,9 Kg/ dm ³		Densità	
/		/	
Frazione Leggera 0,9 - 1,2 Kg/ dm ³		Densità	
Fibre di polipropilene		0,910	
polipropilene - PP		0,920	
polietilene bassa densità - LDPE		0,930	
eltex		0,940	
Fibre di polietilene		0,950	
polietilene ad alta densità - HDPE		0,950	
polietilene alto peso molecolare - HMWPE		0,960	
cloroprene (70 sh a)		0,960	
Fibre di polietilene - Spectra 1000		0,970	
Frazione Leggera 0,3 - 0,6 Kg/ dm ³		Densità	
/		/	

Tab. 01

Boat Fluff - FRAZIONE PESANTE			
Frazione Pesante 0,9 - 1,2 Kg/ dm ³	Densità	Frazione Pesante 1,2 - 1,5 Kg/ dm ³	Densità
fibre poliammidica 11	1,040	MCF 80	1,210
resina epossidica (Bicomponente) - Componente B	1,040	fibre di poliestere speciale	1,220
Elastomero termoplastico vulcanizzato - TPV	1,050	poliammide - PA6 - nylon*	1,230
acrilonitrile butadiene-stirene - ABS	1,070	polisulfone	1,240
polivinilcloruro - PVC - DG41*	1,080	polietilene teraftalato - PETG	1,270
copoliestere termoplastico (TPC)	1,090	acetato di cellulosa	1,270
fibre di elastan (lycra)	1,100	polifenilsulfone - PPSU	1,290
resina epossidica (Bicomponente) - Componente A	1,100	EPDM 80 sh a	1,300
resina vinilestere	1,110	polivinilcloruro rigido - PVC tenero	1,300
fibre poliammidica 6,6 e 6	1,140	fibre di acetate	1,310
poliammide - PA	1,150	polieterechetone - PEEK	1,310
StireneEtileneButileneStirene - SEBS	1,150	fibre di lana	1,320
Elastomero termoplastico (TPE-E)	1,160	fibre di seta	1,330
fibre acriliche	1,170	fibre di triacetato	1,330
metacrilato	1,180	fibre di triacetato	1,330
fibre di poliuretano	1,190	poliolefina B11	1,330
alcool polivinilico - PVA	1,190	fenix NTA	1,350
polimetilmetacrilato - PMMA	1,190	fibre di cloruro di vinile	1,370
policarbonato - PC	1,200	fibre di poliestere normale	1,380
poliuretano - PUR	1,200	Polietilene tereftalato - Dacron®	1,380
resina epossidica - EP	1,200	polietilene tereftalato - PETp	1,390
		aramid-kevlar tipo 49	1,400
		fibre di polivinilcloruro	1,400
		neoprene	1,400
		poliestere in film - Mylar®	1,400
		bachelite	1,400
		fenix NTM	1,400
		poliossimetilene - POMc - Delrin®	1,410
		kapton®	1,420
		polivinilcloruro rigido - PVC duro	1,430
		fibre aramidiche - Kevlar 29	1,440
		fibre di iuta	1,450
		fibre di sisal	1,450
		fibre aramidiche - Kevlar 49	1,450
		fibre di carbonio	1,450
		fibre di kevlar	1,450
		fibre di kapok	1,470
		fibre aramidiche - Kevlar 149	1,470
		fibre di canapa	1,480
		fibre di lino	1,500
		fibre di ramie	1,500
		acetato di cellulosa - CA	1,500
		gres	1,500
		cellulosa naturale	1,500

Tab. 02

Boat Fluff - FRAZIONE PESANTE			
Frazione Pesante 1,5 - 1,8 Kg/ dm ³		Frazione Pesante 3 - 3,3 Kg/ dm ³	
	Densità		Densità
fibre di cupro	1,520	vetro cristallo	3,100
fibre di modal	1,520	politetrafluoroetilene - PTFE BBM	3,200
fibre di viscosa	1,530		
fibre di cotone	1,550		
fibre PBO - zylon HM	1,560		
fibre PBO - zylon AS	1,570		
polifenilsolfuro - PPS	1,650		
Corian	1,700		
polivinilidenfluoruro (PVTF)	1,760		
PVFD	1,780		
Frazione Pesante 1,8 - 2,1 Kg/ dm ³		Frazione Pesante 3,3 - 3,6 Kg/ dm ³	
	Densità		Densità
Vetro epossidico EGR T23	2,000	/	/
ceramica	2,000		
politetrafluoroetilene - PTFE CG35	2,040		
politetrafluoroetilene - PTFE CG25	2,100		
Frazione Pesante 2,1 - 2,4 Kg/ dm ³		Frazione Pesante 3,6 - 3,9 Kg/ dm ³	
	Densità		Densità
politetrafluoroetilene - PTFE	2,160		
politetrafluoroetilene - PTFE VG	2,180		
politetrafluoroetilene - PTFE GF15	2,210		
cellofoam	2,250		
carbonio	2,250		
politetrafluoroetilene - PTFE VBM	2,280		
gesso	2,300		
silicio	2,330		
Frazione Pesante 2,4 - 2,7 Kg/ dm ³		Frazione Pesante 3,9 - 4,2 Kg/ dm ³	
	Densità		Densità
fibre di vetro S (ad alta resistenza)	2,480		
vetro	2,500		
fibre di vetro E	2,540		
Quarzite	2,540		
fibre di vetro tessile	2,560		
fibre di vetro	2,620		
marmo	2,650		
Frazione Pesante 2,7 - 3 Kg/ dm ³			
	Densità		
/	/		

Tab. 03

I precedenti gruppi di agglomerati tengono ovviamente conto di tutti i materiali registrati nel Volume 1 – Prevenire, anche se nella realtà molti di questi materiali non saranno mai presenti in contemporanea sulla stessa unità da diporto, riducendo le contaminazioni e come diretta conseguenza anche le percentuali di Boat Fluff. Chiaramente nel caso di una demolizione di più unità in contemporanea è opportuno valutare se mantenere ugualmente separate le polveri derivanti dalle frantumazioni per non aumentare le possibilità di materiale residuo non separabile.

4.2 Ridurre le percentuali di Boat Fluff

Non esistendo fino ad ora il concetto di Boat Fluff non esistono ovviamente delle direttive che ne impongono dei limiti oltre i quali esso non deve sfiorare. Inoltre anche in sede di questo elaborato, nonostante le simulazioni teoriche e le sperimentazioni pratiche, non è plausibile identificare delle percentuali medie di Fluff realistiche vista la scarsità del campione d'analisi. Nonostante questo è verosimile credere che le percentuali di riciclo e quelle di Fluff risultate da un processo di demolizione PSS non si allontanino da quelle ottenute da una demolizione tradizionale poiché al termine di entrambi i processi i materiali che vengono inviati a riciclo sono i medesimi: metallo, vetro, legno ed una componente di plastiche. Grazie alla riduzione in scaglie a monte della separazione anzi molti materiali lignei usati come rinforzo controlaminato che solitamente vengono scartati possono invece essere distaccati, selezionati e mandati a riciclo, alzando di qualche punto l'asticella del riciclo.

Ciò che è importante sottolineare è che il processo PSS nasce sì con l'idea di affrontare l'attuale parco nautico in disuso ma soprattutto per gettare le basi di un nuovo sistema produttivo in sinergia con un processo di demolizione standardizzato. Infatti se le percentuali del processo PSS oggi non sono distanti da quelle della demolizione tradizionale, attuando delle modifiche nella progettazione e costruzione di domani queste percentuali possono migliorare esponenzialmente, andando ad abbassare sensibilmente la quantità di materiali inseparabili, riducendo così il Boat Fluff.

La tabella interattiva nata dalla ricerca del Volume 1- Prevenire permette infatti di prevenire appunto quelle difficoltà che mantengono alti i valori del Fluff, scegliendo con maggior sensibilità i materiali da utilizzare così da ambire ad una sua riduzione. In sintesi un progettista con in mano uno strumento simile può già sapere con trent'anni di anticipo quali materiali nel suo progetto daranno problemi di separazione e scegliere consapevolmente tra diverse opzioni.

4.2.1 Ipotesi di eliminazione

In linea con i postulati del Design for Manufacturing and Assembly, la prima domanda che un progettista si dovrebbe porre in merito ad una componente o ad un materiale è la seguente: è indispensabile per il progetto oppure è eliminabile?

È sempre opportuno studiare approfonditamente la composizione dei singoli pezzi, le varie componenti e le loro giunzioni per capire cosa è semplificabile. Analizzare il Fluff ed in particolare i materiali che a gruppi hanno differenze di peso inferiori a $0,3 \text{ kg/dm}^3$ è fondamentale perché, una volta intuito da dove provengono quelle briciole di materiale inseparabili, diventa possibile chiedersi se quella componente è eliminabile in fase di costruzione. Trasformando le tabelle in uno strumento di affiancamento alla progettazione diventa quindi concreta la selezione dei materiali in funzione dello smaltimento: se un materiale risulta indispensabile, non selezionerò per il progetto quei materiali che hanno una differenza inferiore a $\pm 0,3 \text{ kg/dm}^3$.

4.2.2 Ipotesi di sostituzione

Chiaramente spesso non è possibile eliminare definitivamente determinate porzioni. Per questo motivo, se la risposta alla prima domanda “se una componente è eliminabile” risulta essere negativa, è opportuno che il progettista si ponga subito la seconda domanda fondamentale: è indispensabile utilizzare questo materiale oppure è sostituibile?

Se alla prima domanda spesso è probabile non poter rispondere in modo affermativo, l'ipotesi di sostituzione ha invece un margine di fattibilità nettamente maggiore. Ad esempio analizzando il Fluff è visibile come gran parte del materiale non separabile sia di differente tipologia ma principalmente a base polimerica. Sappiamo inoltre che determinati polimeri possono essere riciclati solo se puri, ovvero trattati singolarmente senza altre contaminazioni. Basandosi su queste considerazioni è possibile ragionare durante le fasi di progetto se e quando è possibile utilizzare plastiche con la stessa base polimerica, che siano quindi riciclabili omogeneamente senza necessità di essere separate.

Un altro esempio è sull'utilizzo del vetro, uno dei materiali riciclabili per eccellenza presenti a bordo. Il vetro infatti è uno di quei materiali il cui riciclo ne permette la perfetta riconversione in materia prima seconda a patto che non ci siano contaminazioni. Esistono molte categorie di vetro, dai più leggeri ai più pesanti, temperati o stratificati. Se la scelta spesso avviene solo ed esclusivamente in funzione del contenimento del peso dell'unità o per la possibilità di ottenere determinate forme, pieghe o curvature, si introduce ora un nuovo parametro di selezione. Infatti vetri troppo leggeri possono facilmente raggiungere densità simili a plastiche rinforzate o materiali inerti come il marmo o altri rivestimenti in pietra e diventare per questo più difficili da isolare. Per questo motivo su un'unità in cui si desidera per questioni estetiche inserire rivestimenti di questo tipo sarà opportuno selezionare vetri con densità più alte, mantenendone la possibilità di estrazione a fine vita. Al contrario se l'unità da progettare necessita di sottostare a determinati standard di dislocamento, è possibile selezionare il vetro a bassa densità ma ripiegare su rivestimenti estetici di altra natura che volendo possono ugualmente simulare “l'effetto pietra” desiderato.

4.2.3 Ipotesi di cambiamento dell'assemblaggio

Se non risulta possibile eliminare un'intera componente o almeno sostituirla con il materiale, il progettista può ancora porsi una terza domanda: è possibile rendere facilmente removibile una componente affinché possa essere smontata rapidamente prima della demolizione?

Durante la ricerca infatti è stato proposto e sperimentato il caso più radicale e, forse provocatoriamente, diametralmente opposto agli attuali metodi di demolizione utilizzati, ovvero frantumare indistintamente ogni porzione insieme alle altre. Nulla vieta però di valutare ipotesi in cui lo smontaggio manuale di determinate porzioni critiche anticipi le successive fasi di riduzione volumetrica e macinazione.

Un esempio verosimile potrebbe essere relativo agli elementi aggiunti come roll bar o hard-top rigidi; abbiamo visto nella ricerca del Volume 1 – Prevenire che molte unità di nuova costruzione optano per lo stampaggio di questi elementi l'utilizzo del carbonio, specialmente quando prevedono l'installazione su ponti

4.2.4 Ipotesi di varianti nel processo PSS: selezionatrici ottiche

più alti, sfruttando così la leggerezza del materiale per mantenere il baricentro più basso possibile. Oggigiorno esistono svariate tecniche per il riciclo del carbonio, alcune sperimentali ed altre già ampiamente in uso, ma ciò che le accomuna è che, come sempre, richiedono una pulizia del 100% del materiale affinché sia possibile metterle in pratica. Nel caso di una frantumazione complessiva questo materiale composito, ben più pregiato rispetto ai materiali polimerici, tende a restare facilmente mescolato con altri materiali della frazione pesante di livello nettamente inferiore, come le fibre di poliestere o le scaglie di PVC, perdendo quindi la possibilità di essere riciclato appieno. A conoscenza di ciò, il progettista è in grado di prevederne lo smontaggio rapido o progettarne i punti di rottura e distacco così da separarli prima della frantumazione generale evitando la sua dispersione nel Boat Fluff pesante.

Il precedente discorso chiaramente è a titolo esemplificativo, non oggetto di approfondimento in questa sede; permane ugualmente la convinzione che questo ragionamento sia replicabile per ogni componente che, opportunamente preventivato, richieda un trattamento particolare nel momento dello smaltimento.

Il processo PSS nasce da un ragionamento logico che da idea si è trasformato a tesi da dimostrare. La dimostrazione, basata su ipotesi derivanti dalla ricerca e successivamente dalla sperimentazione pratica, è sicuramente un valido punto di partenza per possibili sviluppi futuri, chiaramente solo l'esperienza mitigherà le difficoltà aggiustando aspetti ancora perfettabili del processo.

Per quanto riguarda la separazione primaria e la relativa estrazione di materiali metallici e legno non sono emersi particolari dubbi in merito alla loro reale applicabilità ad un processo industrializzato su larga scala. Al contrario la seconda fase di separazione gravimetrica secondaria è sicuramente più complessa da gestire ma non per questo irrealizzabile. Sicuramente la separazione per densità o comunque per peso delle scaglie a parità di forma e dimensione della pezzatura è una possibilità che porta già ad ottimi risultati in termini di separazione. A livello pratico in questa tipologia di separazione talvolta è possibile incappare in problemi legati all'estrema volatilità delle briciole troppo leggere che quindi, nonostante una differenza di peso dei materiali di almeno 0,3 kg/dm³, tendono a legarsi in vortici che ne rendono meno efficaci la separazione.

Per questo motivo è verosimile credere che un domani la separazione secondaria potrebbe essere modificata o affiancata da tecniche di separazione alternative, facilitate dal continuo sviluppo e perfezionamento delle macchine separatrici. Una possibilità eventuale è l'inserimento di separatori ottici a rilevamento di colore o di composizione polimerica, macchine d'avanguardia che utilizzano speciali lampade a led abbinate a telecamere a colori ed un potente software di analisi ed elaborazione delle immagini.

- **Selezione per colore**

Grazie alla sensibilità delle telecamere le differenti colorazioni delle plastiche, rosso, verde, bianco, trasparente, blu, giallo ecc. sono facilmente individuate per differente tonalità. Questo tipo di selettore ottico è composto da uno o più scivoli verticali (solitamente fino a 6 scivoli) sui

quali viene fatta scorrere in caduta la plastica che può tranquillamente avere una pezzatura fine, solitamente variabile tra 0 e 25 mm. Alla fine di ciascuno scivolo sono presenti da 2 a 4 telecamere ad alta definizione che analizzano ogni singolo particolare della plastica, visionando le briciole sia sulla faccia frontale che quella posteriore. Grazie all'elaborazione delle immagini da parte di un processore vengono attivate in risposta delle elettrovalvole pneumatiche che "sparano" e separano dal flusso della plastica tutti i colori selezionati dall'utente. Ogni scivolo della macchina ha telecamere dedicate e, a seconda della programmazione, è in grado di svolgere un programma di selezione indipendente. In questo modo su una macchina multiscivolo è possibile eseguire ad esempio la seguente serie di operazioni: una selezione primaria, una secondaria ed il ripasso dello scarto. Questa lavorazione in triplice step, spesso utilizzata, mira a minimizzare gli scarti ed ottenere un prodotto puro e monocoloro.

Nell'ottica di utilizzare selezionatrici di questa natura è chiaro come anche il colore delle componenti plastiche solitamente trascurato assume una valenza di tutto rispetto. Prevedendo di utilizzare colori differenti per ciascuna differente tipologia di plastiche è possibile raffinare ulteriormente l'estrazione dei materiali dalle frazioni pesante e leggera, riducendo così la percentuale finale di Boat Fluff.

- **Selezione per tipologia di polimero**

Di grande interesse sono anche i separatori ottici in grado di riconoscere la composizione di un polimero ed usarlo come discriminante per isolarlo/i dagli altri.

In questo caso vengono utilizzate delle telecamere ad infrarossi in grado di attraversare il corpo da analizzare, riconoscendo le differenti nature chimiche delle plastiche tra le principali: PET, PVC, PS, PE, PA, PS, ABS ecc. Questa tipologia di macchinario è composta da uno scivolo verticale sul quale vengono fatte cadere le briciole di materiale con una pezzatura che tendenzialmente non scende mai sotto ad 1 mm e che arriva anche in questo caso a 25 mm. Terminato lo scivolo vi sono anche qui da 2 a 4 telecamere ad alta definizione che analizzano ogni singolo particolare della plastica come densità, composizione, finitura superficiale ecc. scansionando sia le scaglie fronte e retro. In seguito il funzionamento è simile alle selezionatrici per colore, ovvero delle elettrovalvole attivate da un software di analisi delle immagini separano le componenti analizzate. Solitamente questa tipologia di selezionatrici ottiche trova il suo impiego successivamente alla selezione delle plastiche per colori, raffinando quindi la separazione di tutte le plastiche che hanno colore uguale ma si differenziano per composizione chimica.

Un aspetto fondamentale di questa tipologia di macchine selezionatrici è che, pur essendo nate per la specifica separazione dei polimeri, se correttamente preimpostate sono ugualmente in grado di estrarre dal gruppo di polimeri quei materiali di natura chimica totalmente differente come il vetro, il metallo, le pietre, il legno ecc.

05. CONCLUSIONI

5.1 Conoscere e riconoscere il Boat Fluff: la creazione di incentivi per classe di riciclabilità

Possiamo definire la frazione residua inseparabile come il reale nemico del riciclo, una minaccia cresciuta inconsapevolmente durante la costruzione delle unità che resta latente nel corso della loro vita e, a distanza di trent'anni dal suo varo, si presenta puntuale al momento dello smaltimento.

Se è vero che “bisogna conoscere il proprio nemico per poterlo combattere” diventa indispensabile realizzare l'esistenza di questo Boat Fluff ed iniziare a discuterne senza lasciarlo cadere in secondo piano, all'ombra del ben più rumoroso problema della vetroresina. Infatti, sperando un domani di essere in grado di smaltire ecologicamente la vetroresina o sostituirla, resterà sempre il restante 70% del peso delle unità composto da una moltitudine di differenti materiali dei quali, come abbiamo realizzato in questa ricerca, buona parte resta compromesso ed irrecoverabile. Per di più, vetroresina o no, permane il problema del distacco e della separazione dei materiali al fine di alzare le percentuali di materiali riciclabili abbassando in contemporanea costi / tempi di demolizione e trattamento dei materiali.

La standardizzazione di un processo demolitivo in costante dialogo con le aziende costruttrici ha esattamente il fine ultimo di creare un database di informazioni su cui i progettisti di domani possano basare i propri ragionamenti. Solamente se in possesso di dati statistici costruiti scientificamente su un metodo uniformato diventa reale il poter proporre lo smaltimento come uno dei parametri di progetto già dalle prime fasi di brainstorming.

Inoltre, fattore più importante, l'automazione del processo permette di pesare precisamente le frazioni di uscita ed effettuare un calcolo reale delle percentuali e delle composizioni del Fluff; in questo modo è possibile attribuire automaticamente un “indice di riciclabilità” a ciascuna unità da diporto.

Per di più, grazie all'utilizzo delle tabelle e di futuri plug-in da esse derivabili, diventa possibile conoscere la frazione residua che avrà un'unità prima ancora che essa venga costruita, potendo attribuire da subito un indice di merito che la contraddistingua. Prendendo come reference gli elettrodomestici, ciascuno è obbligatoriamente catalogato con un'etichetta energetica che ne identifica la classe di efficienza energetica a livello europeo. Lo scopo dell'etichettatura con classi energetiche è quello di stimolare il mercato ed i produttori a mettere a punto prodotti sempre più performanti, in grado di svolgere i medesimi compiti dei competitors con minor uso di energia. La sfida energetica offre un triplice vantaggio:

- Per l'ambiente: la riduzione del fabbisogno energetico porta proporzionalmente alla diminuzione di emissioni di CO2 nell'atmosfera.
- Per gli utenti: la riduzione del fabbisogno energetico richiede minori costi di esercizio; talvolta l'acquisto di prodotti di classi energetiche è favorito da incentivi statali che contribuiscono alla dismissione degli apparecchi più datati o meno efficienti.
- Per i produttori: maggior visibilità e vendibilità di modelli sempre più avanzati; talvolta inoltre è possibile ricevere degli incentivi per investire nello sviluppo tecnologico.

Questa strategia di inventivi per classi energetiche di appartenenza è valida su buona parte di prodotti su scale nettamente differenti; è possibile infatti classificare elettrodomestici come anche appartamenti ed edifici interi o automobili.

Perché allora non istituire per le unità da diporto un codice di appartenenza a seconda del loro indice di riciclabilità?

Potrebbero così nascere nuove possibilità anche da un punto di vista normativo-burocratico con l'introduzione di incentivi nazionali/europei per lo sviluppo e la costruzione di unità sempre più attente al reale problema dello smaltimento. Gli incentivi potrebbero anche estendersi ai compratori che saranno quindi invogliati all'acquisto di unità appartenenti alle classi di riciclabilità più alte.

Inizierebbe così la "sfida di classe di appartenenza", un circolo vizioso di ricerca-sviluppo-costruzione-vendita-rivendita-riciclo grazie al quale progettisti, costruttori e armatori saranno sempre più motivati ad aderirvi senza particolari normative od obblighi.

5.2 Il cambiamento può nascere dal progettista

Nel precedente paragrafo è stato ipotizzato un circolo vizioso che, una volta preso il via, potrebbe portare a cambiamenti quasi naturali della visione del fine vita delle unità. Questo ciclo di eventi però necessita di un punto di partenza e questo punto di partenza deve essere ancora trovato. Il parere è che possa essere la sensibilità di ciascun progettista a smuovere piccoli tasselli nel sistema progettazione-costruzione che possano poi ripercuotersi sul fine vita dell'oggetto barca. Questa sensibilità è dipesa sia dalla personalità di ciascun progettista mediata con l'educazione da lui ricevuta. È per questo che il primo grande passo probabilmente non deve essere pratico bensì teorico: l'informazione può smuovere pensieri laterali e stimolare il problem-solving di ciascun progettista; l'informazione è il punto di partenza.

Parlando di educazione non si può non entrare nel merito della formazione universitaria. L'università, ed in particolare l'università italiana, è una palestra di preparazione alla vita lavorativa in grado di formare abili progettisti consapevoli delle loro competenze che si affacciano e propongono al mondo esterno già con una loro personalità. Durante il percorso universitario si insegnano ai ragazzi i vincoli progettuali, l'importanza della ricerca e le modalità di approccio ad un progetto. Giustamente i corsi universitari vengono annualmente aggiornati ad inseguire gli sviluppi tecnologici presenti sul mercato, cercando di mantenere una contemporaneità delle informazioni sempre al passo con i tempi. Non per questo non è pensabile l'introduzione di corsi che, con uno sguardo rivolto al futuro, sensibilizzino gli studenti a tematiche ancora poco attuali ma che, volenti o nolenti, si troveranno a dovere affrontare direttamente o indirettamente da qui a pochi anni. Introducendo tra i vincoli di progetto universitario anche la dismissione a fine vita delle unità è verosimile credere che, al termine dei cinque anni, si affacceranno sul mondo lavorativo dei giovani professionisti che per formazione sono già abituati a ragionare anche sulle possibilità di smaltimento delle unità. L'insegnamento di strategie legate al Design for Manufacturing

5.2.2 Formazione Professionale

and Assembly e di conseguenza al Design for Disassembly è a prescindere un valore aggiunto che tornerà certamente utile ai progettisti di domani non solo in termini di ecologia e dismissione delle unità, ma soprattutto come metodo di ragionamento mirato alla semplificazione, un esercizio logico di miglioramento al fine della produzione. Come detto in precedenza, sarà poi la personalità dei singoli a far sì che vengano (e come vengano) sfruttati gli strumenti e le informazioni a loro insegnate.

Se i progettisti di domani sono per cultura più educati all'ascoltare problematiche relative alla salvaguardia dell'ambiente e all'ecologia, i professionisti già nel settore da anni spesso hanno più difficoltà a modificare il proprio pensiero/approccio ai progetti. Questo accade specialmente per il fatto che, a carriera avviata, difficilmente si sente il desiderio né si ha tempo di modificare un processo mentale sicuramente funzionante. Ma essere progettisti significa anche sapersi adattare ed assorbire ogni innovazione ed ogni necessità che il mondo pone davanti. È per questo che infatti esistono i corsi di formazione e, sempre più diffusi, i seminari interattivi online: i webinar.

La loro caratteristica principale è la possibilità di tenere conferenze dal vivo con un alto grado di interattività e la capacità di discutere, inviare e ricevere informazioni in tempo reale.

Un grande vantaggio dell'organizzazione di eventi informativi di questo tipo è il contenimento dei costi e lo sforzo organizzativo minimo: non serve più investire budget e tempo per affittare location, scegliere il catering e organizzare i trasferimenti, al contrario organizzare un seminario di questo tipo è davvero semplice, l'importante è essere in grado di pubblicizzarlo e tenerlo sulle corrette piattaforme così da ottenere visibilità dalla platea più indicata.

L'informazione su tematiche come la separazione dei materiali e la dismissione a fine vita delle unità è ancora molto scarsa e, quando presente, è costantemente incentrata sul "problema vetroresina". Al contrario l'esperienza di progettisti e costruttori già noti nel mondo lavorativo, sensibilizzata su determinate tematiche, potrebbe trasformarsi in un fattore di notevole influenza per il restante mondo della progettazione nautica.

5.2.3 Strumenti futuri di supporto al progettista

Ultimo spunto di riflessione è proprio la possibilità di trasformare la tabella interattiva in un vero e proprio strumento di affiancamento alla progettazione. In realtà le tabelle permettono già di scegliere manualmente i materiali da utilizzare in base alla loro densità, compendo una selezione consapevole di ciò che potrà o non potrà essere separato. Nonostante questo in futuro è potenzialmente di interesse lo sviluppo di un plug-in per programmi di progettazione tridimensionale che permetta di svolgere determinate previsioni di riciclabilità.

Ad esempio non è complessa la creazione di un algoritmo in grado di calcolare l'indice di riciclabilità di un'unità da diporto in base alla traduzione in percentuali di Fluff delle geometrie ed i volumi 3D ai quali, con il tradizionale utilizzo dei livelli, viene assegnato un determinato materiale. In questo modo il progettista riesce in diretta a valutare come certe soluzioni possono innalzare/ridurre le percentuali di Fluff e ponderare le sue scelte in merito.

In secondo luogo, avendo già precaricata una libreria di materiali (implementabile) al suo interno, è possibile programmare il software affinché, attribuendo un determinato materiale ad un livello o ad un gruppo di componenti, non permetta automaticamente in seguito di associarne altri che abbiano una differenza di densità inferiore allo 0,3 kg/dm³, o comunque pre-impostare una percentuale massima di Boat Fluff sotto cui si desidera rientrare. Un programma simile è in grado di stampare a fine progetto o nelle fasi intermedie un report riassuntivo delle scelte effettuate, evidenziando criticità dettate da contaminazioni e offrendo la possibilità di valutare alternative.

5.3 Conclusioni

Il mondo si sta lentamente trasformando; l'ambiente, le case, le auto, gli oggetti, la vita delle persone e sì, anche le barche. Il ritorno (quasi) dello slow cruising, la presenza di energie rinnovabili a bordo e di materiali di riciclo/riciclabili sono tutti segni cristallini della volontà del settore nautico di raggiungere una maturità ecologica ed ambientale che dal boom della vetroresina forse non aveva mai avuto. La dimostrazione delle ipotesi premesse di questa ricerca getta le basi per possibili sviluppi futuri che permettono di creare finalmente il dialogo tra chi costruisce e chi demolisce le unità da diporto, avvicinando i due estremi della vita dell'oggetto barca.

Avvicinare i due estremi non basta, ma è un piccolo grande passo. A partire da questo primo avvicinamento, si spera che un giorno si possa parlare di vera collaborazione all'interno di un ciclo produttivo che appunto, come da definizione, di un ciclo deve trattarsi.

Nel frattempo il processo di demolizione PSS è un valido alleato per sopperire alla mancanza di chiusura di questo ciclo, una toppa nel sistema gestionale del ciclo di vita dell'oggetto barca; questa toppa può però trasformarsi nel primo strumento di supporto ad una nuova progettazione nautica in previsione di ciò che accadrà alle barche quando si trasformeranno in rifiuto.

Il processo PSS è una strategia per **CURARE**.

Le tabelle di selezione dei materiali sono lo strumento per **PREVENIRE**.

Come anticipato nelle premesse, *PREVENIRE è meglio che CURARE*, ma ciò che questa ricerca vuole offrire al progettista di domani è una chiave per accedere alla sinergia tra cura e prevenzione, così da avere in mano lo strumento più importante al mondo: la **CONSAPEVOLEZZA**.

06. TABELLA RIASSUNTIVA DEI MATERIALI

Materiali presenti su unità da diporto (ordine di densità)			
	Materiale	Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
1	polietilene espanso	0,015	Plastiche
2	poliuretano espanso rigido (PU) - Low density	0,018	Plastiche
3	feltro sintetico	0,022	Fibre sintetiche
4	schiuma poliuretanica a cellula chiusa	0,025	Plastiche
5	copolimero etilenevinilacetato - EVA 30 a cellule chiuse	0,030	Plastiche
6	polietilene espanso cellule chiuse densità 30	0,030	Plastiche
7	poliuretano - PU schiuma	0,042	Plastiche
8	polivinilcloruro espanso - PVC espanso	0,042	Plastiche
9	poliuretano espanso rigido (PU) - Medium density	0,045	Plastiche
10	poliuretano espanso rigido (PU) - High density	0,060	Plastiche
11	copolimero etilenevinilacetato - EVA 100 a cellule chiuse	0,088	Plastiche
12	fibre di cocco	0,090	Fibre naturali
13	polivinilcloruro espanso - PVC espanso cellule chiuse	0,120	Plastiche
14	balsa	0,160	Legno
15	peraluman 5083	0,266	
16	sughero	0,275	Legno
17	sughero	0,275	
18	feltro animale	0,300	Fibre naturali
19	pioppo	0,400	Legno
20	abete	0,420	Legno
21	OSB (Oriented Strand Board) in Pioppo	0,480	Legno in scaglie
22	compensato marino di okumé	0,500	Legno
23	pino	0,500	Legno
24	gesso ceramico	0,550	Vari
25	olmo	0,570	Legno
26	castagno	0,580	Legno
27	carta melaminica	0,600	Vari
28	OSB (Oriented Strand Board)	0,630	Legno in scaglie
29	mogano	0,650	Legno
30	mogano cubano	0,650	Legno
31	sughergomma ad alte densità	0,650	
32	teak	0,650	Legno
33	tiglio	0,650	Legno
34	acero	0,660	Legno
35	iroko	0,660	Legno
36	LDF	0,680	Legno in fibre
37	frassino	0,720	Legno
38	faggio	0,730	Legno
39	sughergomma ad alte densità	0,780	
40	fibre di bambù	0,800	Fibre naturali
41	MDF [Medium Density Fiberboard] - Media densità	0,800	Legno in fibre
42	HDF	0,850	Legno in fibre
43	fibre dipolipropilene	0,910	Fibre sintetiche
44	polipropilene - PP	0,920	Plastiche
45	polietilene bassa densità - LDPE	0,930	Plastiche
46	eltex	0,940	

Materiali presenti su unità da diporto (ordine di densità)			
Materiale		Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
97	Polietilene tereftalato - Dacron®	1,380	Plastiche
98	polietilene tereftalato - PETp	1,390	Plastiche
99	aramid-kevlar tipo 49	1,400	Fibre sintetiche
100	bachelite	1,400	Resina
101	fenix NTM	1,400	Vari
102	fibre di polivinilcloruro	1,400	Fibre sintetiche
103	neoprene	1,400	Gomme
104	poliestere in film - Mylar®	1,400	Plastiche
105	poliossimetilene - POMc - Delrin®	1,410	Plastiche
106	kapton®	1,420	Vari
107	polivinilcloruro rigido -. PVC duro	1,430	Plastiche
108	fibre aramidiche - Kevlar 29	1,440	Fibre sintetiche
109	fibre aramidiche - Kevlar 49	1,450	Fibre sintetiche
110	fibre di carbonio	1,450	Fibre sintetiche
111	fibre di iuta	1,450	Fibre naturali
112	fibre di kevlar	1,450	Fibre sintetiche
113	fibre di sisal	1,450	Fibre naturali
114	fibre aramidiche - Kevlar 149	1,470	Fibre sintetiche
115	fibre di kapok	1,470	Fibre naturali
116	fibre di canapa	1,480	Fibre naturali
117	acetato di cellulosa - CA	1,500	Plastiche
118	cellulosa naturale	1,500	
119	fibre di lino	1,500	Fibre naturali
120	fibre di ramie	1,500	Fibre naturali
121	gres	1,500	Vari
122	fibre di cupro	1,520	Fibre sintetiche
123	fibre di modal	1,520	Fibre sintetiche
124	fibre di viscosa	1,530	Fibre sintetiche
125	fibre di cotone	1,550	Fibre naturali
126	fibre PBO - zylon HM	1,560	Fibre sintetiche
127	fibre PBO - zylon AS	1,570	Fibre sintetiche
128	polifenilsolfuro - PPS	1,650	Plastiche
129	Corian	1,700	
130	polivinildenfluoruro (PVTF)	1,760	
131	PVFD	1,780	Plastiche
132	ceramica	2,000	Vari
133	Vetro epossidico EGR T23	2,000	Plastiche
134	politetrafluoroetilene - PTFE CG35	2,040	Plastiche
135	politetrafluoroetilene - PTFE CG25	2,100	Plastiche
136	politetrafluoroetilene - PTFE	2,160	Plastiche
137	politetrafluoroetilene - PTFE VG	2,180	Plastiche
138	politetrafluoroetilene - PTFE GF15	2,210	Plastiche
139	carbonio	2,250	
140	cellofoam	2,250	Vari
141	politetrafluoroetilene - PTFE VBM	2,280	Plastiche
142	gesso	2,300	Vari
143	silicio	2,330	
144	fibre di vetro S (ad alta resistenza)	2,480	Fibre sintetiche
145	vetro	2,500	
146	fibre di vetro E	2,540	Fibre sintetiche

Materiali presenti su unità da diporto (ordine di densità)

	Materiale	Densità Kg/dm ³	Famiglia di materiali
147	fibre di vetro tessile	2,560	Fibre sintetiche
148	fibre di vetro	2,620	Fibre sintetiche
149	alluminio	2,700	Metallo
150	alluminio 1090	2,800	Metallo
151	vetro temperato	2,800	
152	ergal	2,810	Metallo
153	vetro cristallo	3,100	
154	politetrafluoroetilene - PTFE BBM	3,200	Plastiche
155	Zaffiro sintetico	3,990	Metallo
156	zaffiro	4,020	Minerale
157	titanio	4,870	Metallo
158	stagno alfa	5,770	Metallo
159	zinco	7,100	Metallo
160	cromo	7,166	Metallo
161	stagno beta	7,300	Metallo
162	acciaio AISI 630	7,750	Metallo
163	acciaio duplex F51 [AISI 2205]	7,800	Metallo
164	Fe 510	7,800	Metallo
165	acciaio C45 [AISI1042]	7,844	Metallo
166	ferro	7,849	Metallo
167	acciaio zincato	7,860	Metallo
168	ferro battuto	7,870	Metallo
169	acciaio AISI 1008	7,872	Metallo
170	acciaio AISI 304	7,930	Metallo
171	acciaio al tungsteno 3%	8,000	Metallo
172	OTS	8,100	
173	bronzo	8,150	Metallo
174	acciaio al tungsteno 6%	8,200	Metallo
175	NiCr 80/20	8,350	Metallo
176	ottone OT63	8,500	Metallo
177	ottone cromato	8,550	Metallo
178	nickel	8,600	Metallo
179	ottone	8,730	Metallo
180	rame	8,960	Metallo
181	minio	9,000	Minerale
182	argento	10,490	Metallo
183	piombo	11,340	Metallo
184	mercurio	13,590	Metallo
185	tungsteno	19,300	Metallo
186	oro	19,320	Metallo
187	platino	21,400	Metallo
188	EPDM a cellule chiuse	0,02 - 0,09	Gomme

